ISSN 1992-5980



ВЕСТНИК

ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



Том 11
№ 1 (52)
2011

ВЕСТНИК
ДОНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2011

Т.11 №1(52)

Теоретический и научно-практический журнал

Рекомендован ВАК для публикаций основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6)

Издается с 1999 г.

Выходит 8 раз в год
Январь – март 2011 г.

Учредитель **– Донской государственный технический университет**

Научные направления журнала указаны в редакции приказов Минобрнауки РФ №294 от 11.08.2009, №603 от 16.11.2009.

Над номером работали: О.А. Водолазова, И.В. Кикичева, М.П. Смирнова (англ. версия)

Подписано в печать 28.03.2011.
Формат 60×84/8. Гарнитура «Tahoma». Печать офсетная.
Усл.печ.л. 16,7. Тираж 1000 экз. Заказ №196. Цена свободная.

Адрес редакции:
344000, Россия, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1, тел. (863) 2-738-565.

Адрес издательского центра:
344000, г.Ростов-на-Дону, пл.Гагарина, 1, тел. (863) 2-738-741, 2-738-322.

http://www.donstu.ru/vestnik

Регистрационное свидетельство ПИ №ФС 77-35012 от 16.01.09.

СОДЕРЖАНИЕ

VESTNIK
of DON STATE TECHNICAL UNIVERSITY 2011

V.11 №1(52)

Theoretical and scientific-practical journal

Recommended by the State Commission for Academic Degrees and Titles for publications of the thesis research results for Doctor's and Candidate Degree (the solution of the Presidium of the State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Education and Science Ministry, February 19, 2010, №6/6)

Founded in 1999

8 issues a year

January – march 2011

Founder **– Don State Technical University**

Scientific fields of the journal are listed in the wording of the orders of the Russian Education and Science Ministry №294 d/d 11.08.2009, №603 d/d 16.11.2009.

The issue is prepared by: O.A. Vodolazova, I.V. Kikicheva, M.P. Smirnova (English version)

Passed for printing 28.03.2011.
Format 60X84/8. Font «Tahoma». Offset printing.
C.p.sh. 16,7. Circulation 1000 cop. Order 196. Free price.

Editorial Board's address:
Gagarin Sq. 1, Rostov-on-Don, 344000, Russia
Phone: (863) 273-85-65

Publishing Centre's address:
Gagarin Sq. 1, Rostov-on-Don, 344000, Russia
Phone: (863) 273-87-41, 273-83-22

http://www.donstu.ru/vestnik

Registration certificate ПИ № ФС 77-35012 от 16.01.09.

CONTENT

PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

TECHNICAL SCIENCES

HUMAN SCIENCES

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.3

УРАВНЕНИЕ ЗАМКНУТОСТИ ДЛЯ БИОРТОГОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ФУНКЦИЙ

Н.А. БАЗАРЕНКО, И.М. ПЕШХОЕВ
(Донской государственный технический университет)

Получено уравнение замкнутости для биортогональной системы функций. Определены свойства замкнутых систем функций, позволяющие решать контактные задачи теории упругости для тел конечных размеров – прямоугольника, круглой плиты, цилиндров конечной длины и т.д.
Ключевые слова: *уравнение замкнутости, однородные решения.*

Введение. При решении в цилиндрической системе координат r,φ,z осесимметричной задачи теории упругости для круглой плиты находятся так называемые однородные решения [1-5], оставляющие свободным от напряжений торец плиты $r=1$ и соответствующие бигармоническим функциям $\Phi_k(r,z),\ k=0,1,\ldots$:

$$\chi_0^{-1}\Phi_0=c_0[\nu zr^2+\nu_2 z^3/3]+d_0(r^2/2-z^2),\quad \varphi_0(z)=2c_0z+2d_0\,,$$
$$\chi_n^{-1}\Phi_n=\gamma_n^{-1}\left[e_nJ_0(\gamma_n r)+rJ_1J_1(\gamma_n r)\right]\varphi_n(z),\quad \varphi_n(z)=d_n ch\gamma_n z+c_n sh\gamma_n z\,,$$

$$\sigma_r={\sum_{n=0}}'\tilde{\sigma}_r^n(r)\varphi_n'(z),\quad {\sum_{k=0}}'\overline{T}_k(r)\varphi_k(z)=\overline{T}(r,z),\quad {\sum_{k=0}}'\overline{P}_k(r)\varphi_k'(z)=\overline{P}(r,z)\,, \tag{1}$$

где $\overline{T}_k(r)=\bar{i}u_z^k(r)+\bar{j}\tau_{rz}^k(r),\quad \overline{P}_k(r)=\bar{i}\sigma_z^k(r)-\bar{j}u_r^k(r)$ – собственные векторные функции, $\overline{T}=\bar{i}\tilde{u}_z(r,z)+\bar{j}\tau_{rz}(r,z),\quad \overline{P}=\bar{i}\sigma_z(r,z)-\bar{j}\tilde{u}_r(r,z)$,

$$\tilde{u}_r\equiv 2Gu_r={\sum_{k=0}}'u_r^k(r)\varphi_k'(z),\quad \tilde{u}_z\equiv 2Gu_z={\sum_{k=0}}'u_z^k(r)\varphi_k(z),\quad e_n=J_0+\nu_0\gamma_n^{-1}J_1\,,$$
$$\sigma_z^0(r)=\nu_1\chi_0,\ u_z^0(r)=\chi_0,\ \tau_{rz}^0(r)=0,\ u_r^0(r)=-\nu r\chi_0,\ \nu_0=2-2\nu,\ \nu_1=1+\nu\,,$$
$$\sigma_z^n(r)=\gamma_n\left(J_2J_0(\gamma_n r)-rJ_1J_1(\gamma_n r)\right)\chi_n,\qquad u_z^n(r)=\left(\sigma_z^n(r)-2\nu J_1J_0(\gamma_n r)\right)\chi_n\,,$$
$$\tau_{rz}^n(r)=\gamma_n^2\left(J_0J_1(\gamma_n r)-rJ_1J_0(\gamma_n r)\right)\chi_n,\quad u_r^n(r)=\left(e_nJ_1(\gamma_n r)-rJ_1J_0(\gamma_n r)\right)\chi_n\,,$$

G – модуль сдвига; ν – коэффициент Пуассона, $\chi_0=\sqrt{2/\nu_1},\ \nu_2=1-2\nu$; $J_\nu(\gamma_n r),\ J_\nu\equiv J_\nu(\gamma_n)$ – функции Бесселя, γ_k – корни уравнения [5]:

$$\nu_0J_1^2-\gamma_k^2\left(J_1^2+J_0^2\right)=0,\quad \mathrm{Re}\,\gamma_k\ge 0;\quad k=0,1,\ldots,$$

χ_0 и $\chi_n=\left(\nu_0^2J_1^3J_2/\gamma_n-\nu_0J_1^4\right)^{-1/2}$ $(n=1,2,\ldots)$ – нормирующие множители.

Здесь и далее штрих у знака суммы означает укороченную запись

$${\sum_{k=0}}'G_k(\gamma_k,r,z)\equiv G_0+2\,\mathrm{Re}\left(\sum_{n=1}G_n\right)\qquad(\gamma_0=0,\ \mathrm{Re}\,\gamma_n,\mathrm{Im}\,\gamma_n>0,\ n=1,2,\ldots)\,.$$

Векторные функции $\overline{T}_n(r),\overline{P}_m(r)$, соответствующие собственным значениям γ_n,γ_m $(m,n=0,1,\ldots)$, а также другие функции

$$\overset{\circ}{\overline{U}}_n=\int_1^r\overline{T}_n(t)dt,\quad \overline{U}_m=-\left(r\overline{P}_m(r)\right)',\quad \overset{\circ}{\overline{V}}_n=\int_1^r\overline{P}_n(t)dt,\quad \overline{V}_m=-\left(r\overline{T}_m(r)\right)' \tag{2}$$

образуют биортогональные нормированные системы

$$\int_0^1\overline{T}_n(r)\cdot\overline{P}_m(r)rdr=\int_0^1\overline{U}_n(r)\cdot\overset{\circ}{\overline{U}}_m(r)dr=\int_0^1\overline{V}_n(r)\cdot\overset{\circ}{\overline{V}}_m(r)dr=\begin{cases}1,\ m=n,\\0,\ m\ne n.\end{cases} \tag{3}$$

На границе плиты $z = z_s$ $(z_0 = 0, z_1 = h)$ функции

$$\overline{U}(r, z_s) = \int_1^r \overline{T}(t)dt, \qquad \overline{V}(r, z_s) = \int_1^r \overline{P}(t)dt$$

с учетом условий (3) можно разложить в обобщенные ряды Фурье:

$$\overline{U} = \sum_{k=0}' f_{k,s} \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r) = \sum_{k=0}' f^{\circ}_{k,s} \overline{U}_k(r), \qquad \overline{V} = \sum_{k=0}' \tilde{f}_{k,s} \overset{\circ}{\overline{V}}_k(r) = \sum_{k=0}' \tilde{f}^{\circ}_{k,s} \overline{V}_k(r),$$

где коэффициенты Фурье функций $\overline{U}, \overline{V}$ определяются формулами:

$$f_{k,s} = \int_0^1 \overline{U}(r, z_s) \cdot \overline{U}_k(r)dr = \int_0^1 \left(\tilde{u}_z \tilde{\sigma}^k_z - \tau_{rz} \tilde{u}^k_r\right) r dr, \;\; f^{\circ}_{k,s} = \int_0^1 \overline{U}(r, z_s) \cdot \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r)dr,$$

$$\tilde{f}_{k,s} = \int_0^1 \overline{V}(r, z_s) \cdot \overline{V}_k(r)dr = \int_0^1 \left(\sigma_z \tilde{u}^k_z - \tilde{u}_r \tilde{\tau}^k_{rz}\right) r dr, \;\; \tilde{f}^{\circ}_{k,s} = \int_0^1 \overline{V}(r, z_s) \cdot \overset{\circ}{\overline{V}}_k(r)dr. \tag{4}$$

Условие (3) связано с возможностью почленного интегрирования рядов (1) и лежит в основе методики решения контактной задачи для круглой плиты. Как показывает апостериорный анализ, ряды (1) являются расходящимися и, следовательно, возможность их интегрирования необходимо еще доказать. В настоящей работе автор обосновывает правомерность почленного интегрирования рядов типа (1), которые используются в работах [1-5].

Решение задачи. Рассматривается система равенств на границе плиты $z = z_s$:

$$\overline{U} = \sum_{k=0}' f_{k,s} \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r), \quad \overline{V} = \sum_{k=0}' \tilde{f}_{k,s} \overset{\circ}{\overline{V}}_k(r) \quad \left(f_{k,s} \equiv \varphi_k(z_s), \tilde{f}_{k,s} \equiv \varphi'_k(z_s)\right), \tag{5}$$

где координаты векторов $\overline{U}, \overline{V}$ определяются функциями $\tilde{u}_z, \tau_{rz}, \sigma_z, \tilde{u}_r$, которые соответствуют бигармонической функции $\Phi(r,z) = \sum_{k=0}' \Phi_k$ при $z = z_s$.

Поскольку на границе $z = z_s$ функцию $\Phi(r,z)$ можно подчинить только двум условиям, то из четырех координатных функций независимыми будут две.

Замечание 1. Если удовлетворено только одно уравнение системы (5)

$$\sum_{k=0}' f_{k,s} \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r) = \overline{U}(r, z_s) \equiv \overline{i} \int_1^r \tilde{u}_z(t, z_s)dt + \overline{j} \int_1^r \tau_{rz}(t, z_s)dt, \tag{6}$$

где $\tilde{u}_z(r, z_s), \tau_{rz}(r, z_s)$ – заданные независимые функции,

то второе уравнение системы выполняется автоматически, т.е. система двух равенств (5) эквивалентна, например, одному уравнению (6).

Следуя схеме исследования рядов Фурье, описанной в [6, с.414-424], заменим бесконечные ряды в равенствах (5) их частичными суммами и оценим погрешности, которые получаются в результате такой замены. За меру приближения n-х частичных сумм к функциям $\overline{U}$, $\overline{V}$ примем средние квадратические погрешности $\varepsilon_n, \tilde{\varepsilon}_n$. Введем обозначения:

$$\overline{t}_n = \overline{U}(r, z_s) - \sum_{k=0}^{n}{}' f_{k,s} \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r), \qquad \overline{r}_n = \overline{V}(r, z_s) - \sum_{k=0}^{n}{}' \tilde{f}_{k,s} \overset{\circ}{\overline{V}}_k(r),$$

$$\varepsilon_n^2 \equiv \int_0^1 \overline{t}_n^{\,2} dr = \int_0^1 \left[\overline{U}^2 - \sum_{k=0}^{n}{}' f_{k,s} \overset{\circ}{\overline{U}}_k(r) \cdot \left(\overline{U} + \overline{t}_n\right)\right] dr,$$

$$\tilde{\varepsilon}_n^2 \equiv \int_0^1 \overline{r}_n^{\,2} dr = \int_0^1 \left[\overline{V}^2 - \sum_{k=0}^{n}{}' \tilde{f}_{k,s} \overset{\circ}{\overline{V}}_k(r) \cdot \left(\overline{V} + \overline{r}_n\right)\right] dr. \tag{7}$$

Здесь $\overline{t}_n, \overline{r}_n$ – уклонения n-х частичных сумм от функций $\overline{U}(r, z_s), \overline{V}(r, z_s)$.

Если для любой бигармонической функции $\Phi(r,z)$ мы докажем , что

$$\varepsilon_n \to 0, \text{ когда } n \to \infty, \tag{8}$$

(тогда в силу *замечания 1* и $\bar{t}_n, \bar{r}_n, \tilde{\varepsilon}_n \to 0$) то, переходя к пределу в равенствах (7) при $n \to \infty$ и принимая во внимание формулы (4), получим:

$$\int_0^1 |\overline{U}(r, z_s)|^2 \, dr = \sum_{k=0}^{\infty}{}' f_{k,s} f_{k,s}^{\circ}, \qquad \int_0^1 |\overline{V}(r, z_s)|^2 \, dr = \sum_{k=0}^{\infty}{}' \tilde{f}_{k,s} \tilde{f}_{k,s}^{\circ} . \tag{9}$$

Уравнения (9) можно назвать обобщенными уравнениями замкнутости для функций $|\overline{U}|, |\overline{V}|$ по отношению к биортогональной системе функций (2).

Система функций (2) является замкнутой и полной, так как уравнения (9) справедливы для любой бигармонической функции $\Phi(r, z)$, через которую определяются левые части этих уравнений. Указанные выше свойства системы функций (2) тесно связаны [7].

Вернемся к обоснованию условия (8). Для частной бигармонической функции $\Phi = r^2 z^2 - 2z^4 / 3$ по формулам:

$$\tilde{u}_z = (\nu_0 \Delta - \partial_z^2)\Phi, \quad \sigma_z = [(2-\nu)\Delta - \partial_z^2]\partial_z \Phi, \quad \tilde{u}_r = -\partial_r \partial_z \Phi,$$

$$\tau_{rz} = \partial_r [(1-\nu)\Delta - \partial_z^2]\Phi, \quad \Delta \equiv \partial_r^2 + r^{-1}\partial_r + \partial_z^2$$

находим перемещения $\tilde{u}_z, \tilde{u}_r$, напряжения σ_z, τ_{rz} и величину ε_n^2 при $z_1 = 1$:

$$\tilde{u}_z = 2\nu_2 r^2 + 8\nu z_1^2, \quad \sigma_z = 8\nu z_1, \quad \tilde{u}_r = -4 z_1 r, \quad \tau_{rz} = -4\nu r,$$

$$f_{k,1} = \int_0^1 \left(\sigma_z^k(r)\tilde{u}_z - u_r^k(r)\tau_{rz}\right) r dr = \frac{4\nu_0 J_1}{\gamma_k^2}\left(\nu J_2 + \frac{\nu_1}{\gamma_k} J_1\right)\chi_k, \quad k = 1, 2, \ldots,$$

$$f_{0,1} = \frac{1 + 7\nu + 4\nu^2}{2}\chi_0, \quad \overline{U}(r, z_1) = \bar{i} p + \bar{j} q, \quad q = \int_1^r \tau_{rz}(t, z_1) dt = -2\nu(r^2 - 1),$$

$$p(r, z_1) = \int_1^r \tilde{u}_z(t, z_1) dt = \frac{2}{3}\nu_2 (r^3 - 1) + 8\nu(r - 1), \qquad \bar{t}_n = \bar{i} E(n, r) + \bar{j} R(n, r),$$

$$E(n, r) = p(r, z_1) - f_{0,1}\int_1^r \tilde{u}_z^0(t) dt - 2\,\mathrm{Re}\left\{\sum_{k=1}^n f_{k,1} J_u(k, r)\right\} =$$

$$= \frac{2}{3}\nu_2 (r^3 - 1) + \frac{4\nu^2 + \nu - 1}{\nu_1}(r - 1) - 2\,\mathrm{Re}\left\{\sum_{k=1}^n f_{k,1} J_u(k, r)\right\},$$

$$R(n, r) = q(r, z_1) - f_{0,1}\int_1^r \tilde{\tau}_{rz}^0(t) - 2\,\mathrm{Re}\left\{\sum_{k=1}^n f_{k,1} J_\tau(k, r)\right\} =$$

$$= -2\nu(r^2 - 1) - 2\,\mathrm{Re}\left\{\sum_{k=1}^n f_{k,1} J_\tau(k, r)\right\}, \qquad J_\tau(k, r) = \int_1^r \tilde{\tau}_{rz}^k(t) dt,$$

$$J_u(k, r) = \int_1^r \tilde{u}_z^k(t) dt = \chi_k(\nu_2 J_1 - \gamma_k J_0)\left(r\tilde{R}(z) - \tilde{R}(\gamma_k)\right) + J_1\left(r J_0(z) - J_0\right)\chi_k,$$

$$\tilde{H}_\nu(z) = (H_\nu(z) - Y_\nu(z))\pi / 2, \quad \tilde{R}(z) = \tilde{H}_0(z) J_1(z) - \left(\tilde{H}_1(z) - 1\right) J_0(z), \quad kr \ge 20,$$

$$J_u(k, r) = \chi_k \int_1^r \left[(\nu_0 J_1 - \gamma_k J_0) J_0(\gamma_k t) - \gamma_k t J_1 J_1(\gamma_k t)\right] dt \text{ (если } kr \le 20\text{)},$$

$$\tilde{H}_\nu = \sum_{k=0}^{9} \frac{(z/2)^\nu 4^k \Gamma(k + 1/2)}{\Gamma(\nu + 1/2 - k) z^{2k+1}}, \; J_\tau(k, r) = \chi_k\left\{\nu_0 J_1^2 \gamma_k^{-1} - \gamma_k\left[J_0 J_0(z) + r J_1 J_1(z)\right]\right\},$$

$$\varepsilon_n^2 = \int_0^1 \left(E(n, r)^2 + R(n, r)^2\right) dr . \tag{10}$$

Здесь $H_\nu(z)$ и $Y_\nu(z)\,(\nu = 0{,}1;\, z \equiv \gamma_k r)$ – функции Струве и Бесселя [5,8]; для значений $kr \le 20$ интеграл $J_u(k,r)$ находится численно.

Вычисляя величину ε_n^2 по формуле (10) при $z_1 = 1,\ \nu = 0.3,$ получим:

$$\varepsilon_4^2 = 1.71 \cdot 10^{-3}, \qquad \varepsilon_{40}^2 = 4.88 \cdot 10^{-6}, \qquad \varepsilon_{400}^2 = 2.99 \cdot 10^{-8}$$ и т.д.

То есть численно установлено, что в частном случае $\varepsilon_n \to 0$ при $n \to \infty$. По-видимому, это свойство выполняется для тех бигармонических функций $\Phi(r,z)$, для которых существуют интегралы от квадратов функций $\overline{U},\ \overline{V}$ и можно вычислять обобщенные коэффициенты Фурье по формулам (4).

Важным следствием формул (9) являются соотношения (5), которые перепишем в виде:

$$\int_1^r \overline{T}(t,z_s)dt = \sum_{k=0}' f_{k,s} \int_1^r \overline{T}_k(t)dt, \quad \int_1^r \overline{P}(t,z_s)dt = \sum_{k=0}' \widetilde{f}_{k,s} \int_1^r \overline{P}_k(t)dt, \ r \in [0,1]. \tag{11}$$

Если бы мы знали, что ряды (1) при $z = z_s$ сходятся равномерно, то равенства (4), (5), (11) были бы очевидными.

Замечание 2. Формулы (4), (11) всегда справедливы, даже если ряды (1) не сходятся, т.е. оказывается, что ряды (1) можно интегрировать почленно так, как будто бы они равномерно сходятся и имеют суммы, равные $\overline{T}, \overline{P}$, причем ряды, стоящие в правых частях равенств(5), (11), сходятся равномерно для всех значений $r \in [0,1]$ (см. свойства замкнутых систем ортогональных функций [6, с.455].

Выводы. Применение в работах [1-5] условия ортогональности (3) и связанное с этим условием интегрирование расходящихся рядов типа (1) можно считать правомерной операцией, не приводящей к ошибочным результатам.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №10-08-00839-а).

Библиографический список

1. Александров В.М. Контактная задача для прямоугольника со свободными от напряжений боковыми гранями / В.М. Александров, Н.А. Базаренко // ПММ. – 2007. – Т.71. – Вып.2. – С.340-351.

2. Базаренко Н.А. Контактная задача для полого и сплошного цилиндров со свободными от напряжений торцами / Н.А. Базаренко // ПММ. – 2008. – Т.72. – Вып.2. – С.328-341.

3. Базаренко Н.А. Взаимодействие полого цилиндра конечной длины и плиты с цилиндрической полостью с жестким вкладышем / Н.А. Базаренко //ПММ. – 2010. – Т.74. – Вып.3. – С.126-139.

4. Базаренко Н.А. Взаимодействие жесткого штампа с закрепленным по основанию упругим прямоугольником со свободными от напряжений боковыми гранями / Н.А. Базаренко // ПММ. – 2010. – Т.74. – Вып.4. – С.113-128.

5. Базаренко Н.А. Контактная задача для круглой плиты со свободным от напряжений торцом / Н.А. Базаренко // ПММ. – 2010. – Т.74. – Вып.5. – С.25-41.

6. Смирнов В.И. Курс высшей математики. Т.II. / В.И. Смирнов. – 16-е изд. – М.: Физматгиз, 1958. – 628 с.

7. Кампе де Ферье Ж. Функции математической физики / Ж. Кампе де Ферье, Р. Кемпбелл, Г. Петьо [и др.]. – М.: Физматгиз, 1963. – 104 с.

8. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs and Mathematical Tables// Eds M. Abramowitz and Stegun. Washington: Gov. Print off., 1964. // Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / под ред.М. Абрамовица и И. Стигана. – М.: Наука, 1979. – 830 с.

Материал поступил в редакцию 24.05.10.

References

1. Aleksandrov V.M. Kontaktnaya zadacha dlya pryamougol'nika so svobodnymi ot napryajenii bokovymi granyami / V.M. Aleksandrov, N.A. Bazarenko // PMM. – 2007. – T.71. – Vyp.2. – S.340-351. – In Russian.
2. Bazarenko N.A. Kontaktnaya zadacha dlya pologo i sploshnogo cilindrov so svobodnymi ot napryajenii torcami / N.A. Bazarenko // PMM. – 2008. – T.72. – Vyp.2. – S.328-341. – In Russian.
3. Bazarenko N.A. Vzaimodeistvie pologo cilindra konechnoi dliny i plity s cilindricheskoi polost'yu s jestkim vkladyshem / N.A. Bazarenko //PMM. – 2010. – T.74. – Vyp.3. – S.126-139. – In Russian.
4. Bazarenko N.A. Vzaimodeistvie jestkogo shtampa s zakreplennym po osnovaniyu uprugim pryamougol'nikom so svobodnymi ot napryajenii bokovymi granyami / N.A. Bazarenko // PMM. – 2010. – T.74. – Vyp.4. – S.113-128. – In Russian.
5. Bazarenko N.A. Kontaktnaya zadacha dlya krugloi plity so svobodnym ot napryajenii torcom / N.A. Bazarenko // PMM. – 2010. – T.74. – Vyp.5. – S.25-41. – In Russian.
6. Smirnov V.I. Kurs vysshei matematiki. T.II. / V.I. Smirnov. – 16-e izd. – M.: Fizmatgiz, 1958. – 628 s. – In Russian.
7. Kampe de Fer'e J. Funkcii matematicheskoi fiziki / J. Kampe de Fer'e, R. Kempbell, G. Pet'o [i dr.]. – M.: Fizmatgiz, 1963. – 104 s. – In Russian.
8. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs and Mathematical Tables// Eds M. Abramowitz and Stegun. Washington: Gov. Print off., 1964.

N.A. BAZARENKO, Isa M. PESHKHOYEV

CLOSEDNESS EQUATION FOR BIORTHOGONAL SYSTEM OF FUNCTIONS

Closedness equation for biorthogonal system of functions has been derived. Closed-loop function systems characteristics are defined. They allow to solve contact problems of elasticity theory for finite bodies – a rectangle, a circular plate, a cylinder of finite length, etc.

Key words: *closedness equation, homogeneous solutions.*

УДК 004.056.55

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА МУРАВЬИНЫХ КОЛОНИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КРИПТОАНАЛИЗА ШИФРОВ ПЕРЕСТАНОВОК

В.А. ФАТХИ
(Донской государственный технический университет),
А.С. СЕРГЕЕВ
(Ростовское областное училище олимпийского резерва)

Исследована возможность применения алгоритмов муравьиных колоний для реализации криптоанализа шифров перестановок, результатом применения которых к открытому тексту является криптограмма, получаемая путем перестановки символов открытого текста в определенном порядке. Показано, как эта проблема может быть сведена к классической задаче о назначениях, решаемой с помощью алгоритма муравьиных колоний. Приведен алгоритм решения, дан пример работы муравьиного алгоритма.
Ключевые слова: *криптоанализ, задача о назначениях, муравьиный алгоритм, феромон, шифр перестановки.*

Введение. В последние годы интенсивно разрабатывается новое научное направление с названием «природные вычисления», которое объединяет математические методы, содержащие принципы природных механизмов принятия решений [1]. Как отмечено в [2], научное направление «природные вычисления» объединяет такие разделы, как эволюционное программирование, нейросетевые вычисления, алгоритмы роевого интеллекта, муравьиные алгоритмы, генетические алгоритмы. В [3-6] рассматривались методы организации криптографических атак на традиционные симметричные криптосистемы, использующие шифры перестановки и замены, а также на блочные криптосистемы с использованием методов эволюционной оптимизации и генетического поиска.

Однако, как отмечено в [7], структуры генетических алгоритмов являются «слепыми» поисковыми структурами с присущим им рядом недостатков. Поэтому представляет интерес применение конструктивных эвристических методов, идеи которых заимствованы у живой природы или физических процессов и в которых решение задачи строится поэтапно путем добавления нового компонента к частично построенному решению. К методам данного вида относят и муравьиные алгоритмы, основу которых составляет имитация самоорганизации муравьиной колонии. Как отмечено в [1], в противоположность примитивному поведению отдельных агентов поведение всей колонии оказывается достаточно разумным.

Отметим, что муравьиные алгоритмы исследуются с середины 90-х годов, и на сегодняшний день известны их применения к задаче о коммивояжере [8], квадратичной задаче о назначениях [9], задаче о раскраске графа [10, 11], задаче маршрутизации в коммутационных сетях [12], задаче маршрутизации транспортных средств [13]. В данной работе мы рассмотрим возможный подход для реализации криптоанализа шифров перестановки и покажем, как эта проблема может быть сведена к классической задаче о назначениях, решаемой с помощью алгоритма муравьиных колоний.

Понятие шифров перестановок. В качестве первичного признака, по которому производится классификация шифров, используется тип преобразования, осуществляемого с открытым текстом при шифровании. Если буквы открытого текста при шифровании только меняются местами друг с другом, то данный шифр относится к классу *шифров перестановок.* Отметим, что основные виды шифров перестановок описаны, например, в [14, 15]. В общем случае результатом применения данного класса шифров к открытому тексту является строка символов (криптограмма), получаемая путем перестановки символов открытого текста в определенном порядке.

Таким образом, полученная криптограмма включает только те символы, которые составляют открытый текст. Отсюда следует, что задача определения открытого текста заключается в определении позиций для назначения символов криптограммы таким образом, при котором целевая функция, определяющая оптимальность исходного текста, достигает экстремума. То есть данная задача криптоанализа, по сути, является частным случаем задачи о назначениях, цель которой – определить экстремум затрат, необходимых для обмена ресурсами между всеми объектами.

В соответствии с [16] задачу о назначениях сформулируем в следующем виде. Определим X_{ij}=1, если объект i назначен в пункт j, и X_{ij}=0 в противном случае, C_{ij} – затраты на передачу объема ресурсов из пункта i в пункт j. В этом случае оптимизационная модель запишется следующим образом:

$$R=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}X_{ij} \to \text{экстр.}$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij}=1,\ \ i=1,2,\ldots,n,$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_{ij}=1,\ \ j=1,2,\ldots,n,$$

где n – число объектов и мест их размещения.

Применительно к задаче криптоанализа будем полагать, что C_{ij} – вероятность того, что за символом в позиции i должен следовать символ в позиции i+1, кроме этого введем параметр Q_i, показывающий, насколько фрагмент текста из i символов носит осмысленный характер, т.е. совпадает с словарным запасом языка. В этом случае оптимизационная модель будет иметь вид

$$R=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} Q_iC_{ij}X_{ij} \to \max.$$

Отметим, что элементы C_{ij} задаются в виде матрицы размерности nхn (n – число символов текста).

Таким образом, множество вариантов решений определяется числом перестановок $P=n!$ без повторений n символов, входящих в шифртекст в n позициях. Комбинаторный характер этой задачи приводит к необходимости использования метаэвристических алгоритмов.

Алгоритм решения. Таким образом, общее значение целевой функции R, получаемое в каждом конкретном варианте назначения символов в позиции, может быть аналогично [9] определено как длина маршрута, соединяющего выбранные элементы декартова произведения [номер позиции, номер символа], т.е. как

$$R = \sum_{\substack{i=1,\ldots,n-1 \\ j=2,\ldots,n}} C_{ij}.$$

Очевидно, маршруту с большим значением R должна соответствовать более высокая концентрация феромона F, которая используется в качестве вероятности выбора очередного маршрута, представляющего очередной вариант назначения символов в позиции, новыми муравьями-агентами.

Отметим, что в соответствии с [1] любой муравьиный алгоритм независимо от модификаций должен быть представим в следующем виде:

1) создание популяции муравьев;

2) поиск решения;

3) обновление феромона.

Отметим, что на этапе 1 выбор стартовых точек для размещения популяции муравьев зависит от ограничений, накладываемых условиями задачи, так как для каждой задачи способ раз-

мещения является определяющим. Либо муравьи размещаются в одной точке, либо в разных с повторениями, либо в разных без повторений. На этом же этапе задается начальный уровень феромона, который представляет собой небольшое положительное число, чтобы вероятности перехода в следующую вершину не были нулевыми. Определение вероятности перехода между соседними вершинами и нового уровня феромона после обновления может производиться по формулам, приведенным в [1].

Таким образом, в соответствии с [1] и [9] алгоритм включает следующие этапы.

1. Случайным равновероятным образом выбираются m вариантов маршрутов, и вычисляются значения целевых функций $R_1, R_2,\ldots R_m$.

2. Комбинациям ik_l размещения символов k в позиции i присваивается весовой коэффициент

$$f_{ik,l}=R_l,\ \ l=1,2,\ldots,m\ . \tag{1}$$

3. Для каждой комбинации ik вычисляется результирующая концентрация

$$F_{ik}=\sum_{l=1}^{m} f_{ik,1}\ . \tag{2}$$

Для тех комбинаций ik, которые ни разу не встретились в выборке m, задается нижнее значение концентрации феромона

$$F_{\min}=a\cdot \max f_{ik,1} \tag{3}$$

где $0<a<1$.

4. В соответствии с формулой, приведенной в [17] –

$$\tau_{ij}(t)=\tau_{ij}(t)\cdot(1-\rho), \tag{4}$$

производится имитация испарения феромона со всех комбинаций ik, по которым прошли муравьи.

5. После определения нового количества феромона производится возврат муравьев в начальные позиции и определение вероятностей размещения символа k в позиции i в новом маршруте

$$P_{ik}=F_{ik}/(\sum_{i=1}^{n} F_{ik}) \tag{5}$$

Совокупность указанных вероятностей образует матрицу вероятностей размещения nxn.

6. В соответствии с вычисленными вероятностями P_{ik} формируется $d\cdot m$ новых маршрутов ($d<1$), для которых определяются критерии $R_{m+1},\ldots,R_{m+m\cdot d}$, и далее производится выборка из m лучших вариантов. Если оптимальное значение критерия не изменяется в течение достаточно большого количества циклов, то поиск завершается с найденным значением $R_{\text{опт}}$, в противном случае длина пути обнуляется и производится возврат к шагу 2 алгоритма.

Отметим, что, так как шифртекст может содержать повторяющиеся символы, то будем полагать, что циклы в маршруте не запрещены и длина маршрута ограничена числом символов шифртекста.

Демонстрационный пример. Рассмотрим функционирование представленного выше алгоритма на демонстрационном примере. Пусть задана строка символов Б К С О А. Требуется определить возможную перестановку символов, входящую в словарный состав языка. Вначале на основе словаря русского языка составим матрицу C_{ij}, показывающую вероятность того, что за символом i может следовать символ j (рис.1).

	Б	К	С	О	А
Б	0,01	0,01	0,1	0,5	0,6
К	0,01	0,01	0,01	0,5	0,4
С	0,05	0,08	0,05	0,6	0,3
О	0,6	0,3	0,5	0,02	0,1
А	0,6	0,6	0,6	0,1	0,01

Рис.1. Матрица C, элемент C_{ij} которой определяет вероятность соседства в тексте символов i и j

Определим количество муравьев m=5 и поставим их в соответствие каждому символу.

Итерация 1.

1. На 1-ом этапе выберем случайным образом m маршрутов, представляющих варианты размещения символов в позиции, и определим значения их критериев R_1, …, R_m. Пусть выбраны следующие маршруты:

1. К С Б А О R_1=0,01+0,05+0,6+0,1=0,76
2. Б К О С А R_2=0,01+0,5+0,5+0,3=1,31
3. С К А Б О R_3=0,08+0,4+0,6+0,5=1,58
4. О А К Б С R_4=0,1+0,6+0,01+0,1=0,81
5. А К Б О С R_5=0,6+0,01+0,5+0,5=1,61

Поскольку 1, 2, 4, 5 варианты далеки от словарного состава языка, то умножим их на весовой коэффициент Q=0,5, а 3 вариант, наиболее близкий к словарному составу, умножим на коэффициент Q=0,9. Получим следующие значения критериев: R_1=0,35; R_2=0,655; R_3=1,422; R_4=0,405; R_5=0,805.

2. На 2-м этапе всем комбинациям размещения символов в позиции присваивается весовой коэффициент в соответствии с формулами (1) и (2). Для тех комбинаций, которые не встретились в выборке из m маршрутов, зададим нижнее граничное значение концентрации $F_{\min}=a\cdot\max f_{ik,l}$. Значение a определим как a=0,1, тогда $F_{\min}$=0,14. Матрица результирующих концентраций феромона будет иметь вид, показанный на рис.2.

Символы	Позиции 1	2	3	4	5
Б	0,655	0,14	1,155	1,825	0,14
К	0,35	2,88	0,405	0,14	0,14
С	1,42	0,35	0,14	0,655	1,21
О	0,405	0,14	0,655	0,805	1,772
А	0,805	0,405	1,42	0,35	0,655

Рис.2. Матрица результирующих концентраций феромона после 1-й итерации

3. Далее в соответствии с формулой (4) проведем испарение феромона, определив в соответствии с [17] ρ=0,6 (рис.3).

		Позиции				
		1	2	3	4	5
Символы	Б	0,262	0,14	0,462	0,73	0,14
	К	0,14	1,152	0,162	0,14	0,14
	С	0,568	0,14	0,14	0,262	0,484
	О	0,162	0,14	0,262	0,322	0,7
	А	0,322	0,162	0,568	0,14	0,262

Рис.3. Матрица концентраций феромона после его испарения после 1-й итерации

4. Вычислим вероятности размещения символов в соответствующие позиции по формуле (5) (рис.4).

		Позиции				
		1	2	3	4	5
Символы	Б	0,18	0,08	0,29	0,46	0,08
	К	0,09	0,66	0,1	0,09	0,08
	С	0,39	0,08	0,09	0,16	0,28
	О	0,11	0,08	0,16	0,2	0,4
	А	0,22	0,1	0,36	0,09	0,15

Рис.4. Матрица вероятностей размещения символов в позиции после 1-й итерации

5. В соответствии с вычисленными вероятностями сформируем новые маршруты, выбрав d=0,8. Разместим муравьев в следующие позиции символов в соответствии с вероятностями размещения: С, А, Б, О. Случайным образом сформируем 4 маршрута:

1. А О К Б С R_6=0,1+0,3+0,01+0,1=0,51
2. С К Б О А R_7=0,08+0,01+0,5+0,1=0,69
3. Б К А О С R_8=0,01+0,4+0,1+0,5=1,01
4. О К А Б С R_9=0,3+0,4+0,6+0,1=1,4

Для вариантов 6, 7, 8, 9 определим значения Q соответственно: 0,5; 0,9; 0,6; 0,5. Получим:

R_6=0,255; R_7=0,621; R_8=0,606; R_9=0,7.

Из полученной популяции выберем 5 вариантов с лучшими значениями целевой функции. Это будут варианты: R_2, R_3, R_5, R_7, R_9. Обозначим: R_1=R_2=0,655; R_2=R_3=1,422; R_3=R_5=0,805; R_4=R_7=0,621; R_5=R_9=0,7.

Итерация 2.

1. Матрица результирующих концентраций феромона будет иметь вид, показанный на рис.5.
2. После испарения феромона получим матрицу концентраций, показанную на рис.6.
3. Матрица вероятностей размещения символов в позиции показана на рис.7.

Символы	Позиции 1	2	3	4	5
Б	0,655	0,14	1,426	2,122	0,14
К	0,14	4,203	0,14	0,14	0,14
С	2,043	0,14	0,14	0,655	1,505
О	0,7	0,14	0,655	1,426	1,422
А	0,805	0,14	2,122	0,14	1,276

Рис.5. Матрица результирующих концентраций феромона после 2-й итерации

Символы	Позиции 1	2	3	4	5
Б	0,262	0,14	0,57	0,848	0,14
К	0,14	1,68	0,14	0,14	0,14
С	0,82	0,14	0,14	0,262	0,602
О	0,28	0,14	0,262	0,57	0,56
А	0,322	0,14	0,848	0,14	0,51

Рис.6. Матрица концентраций феромона после его испарения после 2-й итерации

Символы	Позиции 1	2	3	4	5
Б	0,15	0,06	0,29	0,45	0,07
К	0,07	0,76	0,07	0,06	0,07
С	0,4	0,06	0,07	0,13	0,3
О	0,15	0,06	0,13	0,3	0,29
А	0,18	0,06	0,44	0,06	0,26

Рис.7. Матрица вероятностей размещения символов в позиции после 2-й итерации

4. Случайным образом сформируем 4 маршрута, разместив муравьев в следующие позиции: С,С,А,Б.

1. С К Б О А R_6=0,08+0,01+0,5+0,1=0,69
2. С К О Б А R_7=0,08+0,5+0,6+0,6=1,78
3. Б К А О А R_8=0,01+0,4+0,1+0,1=0,61
4. А К Б Б А R_9=0,6+0,01+0,01+0,6=1,22

Для вариантов 6, 7, 8, 9 определим значения Q соответственно: 0,9; 1; 0,5; 0,5. Получим:

R_6=0,621; R_7=1,78; R_8=0,305; R_9=0,61.

Далее вновь из полученной популяции выберем 5 лучших маршрутов с лучшими значениями целевой функции. Это будут варианты: R_7, R_2, R_3, R_5, R_6. Обозначим: R_1= R_7=1,78; R_2=R_2=1,422; R_3=R_3=0,805; R_4=R_5=0,7; R_5=R_6=0,621.

Итерация 3.

1. Матрица результирующих концентраций феромона будет иметь вид, показанный на рис.8.

		Позиции				
		1	2	3	4	5
Символы	Б	0,14	0,14	1,426	3,902	0,14
	К	0,14	5,328	0,14	0,14	0,14
	С	3,823	0,14	0,14	0,14	1,505
	О	0,7	0,14	1,78	1,426	1,422
	А	0,805	0,14	2,122	0,14	2,401

Рис.8. Матрица результирующих концентраций феромона после 3-й итерации

2. После испарения феромона получим матрицу концентраций, показанную на рис.9.

		Позиции				
		1	2	3	4	5
Символы	Б	0,14	0,14	0,57	1,56	0,14
	К	0,14	2,13	0,14	0,14	0,14
	С	1,52	0,14	0,14	0,14	0,602
	О	0,28	0,14	0,712	0,57	0,56
	А	0,322	0,14	0,84	0,14	0,96

Рис. 9. Матрица концентраций феромона после его испарения после 3-й итерации

3. Матрица вероятностей размещения символов в позиции показана на рис.10.

		Позиции				
		1	2	3	4	5
Символы	Б	0,05	0,05	0,23	0,63	0,06
	К	0,05	0,80	0,06	0,05	0,06
	С	0,66	0,05	0,06	0,05	0,25
	О	0,11	0,05	0,30	0,22	0,23
	А	0,13	0,05	0,35	0,05	0,40

Рис. 10. Матрица вероятностей размещения символов в позиции после 3-й итерации

4. Продолжая процесс далее, определим 4 случайных маршрута, размещая муравьев в позиции С, С, С, А.

1. С К А Б О R_6=0,08+0,4+0,6+0,5=1,58
2. С К О Б А R_7=0,08+0,5+0,6+0,6=1,78
3. С К А Б А R_8=0,08+0,4+0,6+0,6=1,68
4. А К О Б А R_9=0,6+0,5+0,6+0,6=2,3

Для вариантов 6, 7, 8, 9 определим значения Q соответственно: 0,9; 1; 0,9;0,9. Получим: R_6=1,422; R_7=1,78; R_8=1,512; R_9=2,07.

Выберем 5 маршрутов с лучшими значениями целевой функции. Это будут варианты: R_9, R_7, R_1, R_8, R_6. Обозначим: R_1=R_9=2,07; R_2=R_7=1,78; R_3=R_1=1,78; R_4=R_8=1,512; R_5=R_6=1,422.

Итерация 4.

1. Матрица результирующих концентраций феромона показана на рис.11.

Символы	Позиции				
	1	2	3	4	5
Б	0,14	0,14	0,14	8,564	0,14
К	0,14	8,564	0,14	0,14	0,14
С	6,494	0,14	0,14	0,14	0,14
О	0,14	0,14	5,63	0,14	1,422
А	2,07	0,14	2,934	0,14	7,142

Рис.11. Матрица результирующих концентраций феромона после 4-й итерации

2. Матрица вероятностей размещения символов в позиции после испарения показана на рис.12.

	Позиции				
	1	2	3	4	5
Б	0,03	0,03	0,03	0,88	0,03
К	0,03	0,88	0,03	0,03	0,03
С	0,69	0,03	0,03	0,03	0,03
О	0,03	0,03	0,60	0,03	0,15
А	0,22	0,03	0,31	0,03	0,76

Рис.12. Матрица вероятностей размещения символов в позиции после 4-й итерации

3. Разместим 4-х муравьев в позициях С, С, С, А и определим 4 случайных маршрута:

1. С К О Б А — R_6=0,08+0,5+0,6+0,6=1,78
2. С К О Б А — R_7=0,08+0,5+0,6+0,6=1,78
3. С К О Б О — R_8=0,08+0,5+0,6+0,5=1,68
4. А К О Б О — R_9=0,6+0,5+0,6+0,5=2,2

Для вариантов 6, 7, 8, 9 определим значение Q как 1; 1; 0,9; 0,8. Получим:

R_6=1,78; R_7=1,78; R_8=1,512; R_9=1,76.

Выберем 5 маршрутов с лучшими значениями целевой функции. Это будут варианты: R_1, R_2, R_3, R_6, R_7.

Выводы. Была рассмотрена возможность применения алгоритма муравьиной колонии для решения задачи криптоанализа шифров перестановок. Комбинирование алгоритма муравьиных колоний с элементами генетических алгоритмов, а также распараллеливание алгоритма муравьиных колоний может существенно повысить эффективность использования данных методов и вероятность нахождения оптимального решения.

Библиографический список

1. Муравьиные алгоритмы [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://rain.ifmo.ru/cat/data/theory/unsorted/ant-algo-2006/article.pdf

2. Макконел Д. Основы современных алгоритмов / Д. Макконел. – М.: Техносфера, 2004.

3. Сергеев А.С. Исследование возможности организации криптографической атаки с использованием эволюционной оптимизации и квантового поиска при разработке систем передачи и защиты информации / А.С. Сергеев // Теоретические и прикладные вопросы современных информационных технологий: материалы 6-й всерос. науч.-техн. конф. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. – С.61-65.

4. Сергеев А.С. Применение методов генетического поиска для организации криптоанализа блочных криптосистем на примере стандарта шифрования DES / Сергеев А.С. // Научная мысль Кавказа. Прил. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ. – 2006. – №15. – С.185-193.

5. Сергеев А.С. О возможности применения методов генетического поиска для реализации криптоанализа асимметричного алгоритма шифрования данных RSA / А.С. Сергеев // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Сер. Технические науки. – 2008. – №3. – С.48-52.

6. Чернышев Ю.О. Исследование и разработка методов генетического поиска для реализации криптоанализа алгоритма IDEA и решения основных теоретико-числовых задач криптографии / Ю.О. Чернышев, А.С. Сергеев, Н.Н. Венцов // Вестн. РГУПС. – 2009. – №3(35). – С.70-79.

7. Лебедев О.Б. Трассировка в канале методом муравьиной колонии / О.Б. Лебедев // Изв. ЮФУ. Сер. Технические науки. Тем. вып. «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2009. – №4(93). – С.46-52.

8. Курейчик В.М. О некоторых модификациях муравьиного алгоритма / В.М. Курейчик, А.А. Кажаров // Изв. ЮФУ. Сер. Технические науки. Тем. вып. «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ. – 2008. – №4(81). – С.7-12.

9. Васильев Е.М., Свистунов А.А. Решение комбинаторных задач моделированием поведения муравьиных колоний [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.v-itc.ru/electrotech/2008/01/pdf/2008-01-15.pdf

10. Dorigo M. Ant Algorithms for Discrete Optimization //Artificial Life. – 1999. – Vol.5. – No.3. – P.137-172.

11. Costa D., Herts A. Ants can colour graphs. // Journal of the Operation Research Society (JORS), 48:295-305, 1997.

12. Di Caro G. Extending AntNet for best-effort Quality-of-Service routing// Unpublished presentation at ANTS'98 – From Ant Colonies to Artifical Ants: First International Workshop on Ant Colony Optimization, October 15-16, 1998.

13. Игнатьев. А.Л. Использование алгоритма муравьиных колоний для решения задачи маршрутизации транспортных средств [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://2009.it-edu.ru/docs/Sekziya_8/3_Ignat'ev_Ignatyev.doc

14. Романец Ю.В. Зашита информации в компьютерных системах и сетях / Ю.В. Романец, П.А. Тимофеев, В.Ф. Шаньгин. – М.: Радио и связь, 2001.

15. Основы криптографии / А.П. Алферов, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин, А.В. Черемушкин. – М.: Гелиос АРВ, 2002.

16. Вагнер Г. Основы исследования операций / Г. Вагнер. – М.: Мир, 1972.
17. Алгоритмы муравьиной колонии [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php.

Материал поступил в редакцию 05.11.10

References

1. Murav'inye algoritmy [Elektron. resurs]. Pejim dostupa: http://rain.ifmo.ru/cat/data/theory/unsorted/ant-algo-2006/article.pdf. – In Russian.
2. Makkonel D. Osnovy sovremennyh algoritmov / D. Makkonel. – M.: Tehnosfera, 2004. – In Russian.
3. Sergeev A.S. Issledovanie vozmojnosti organizacii kriptograficheskoi ataki s ispol'zovaniem evolyucionnoi optimizacii i kvantovogo poiska pri razrabotke sistem peredachi i zaschity informacii / A.S. Sergeev // Teoreticheskie i prikladnye voprosy sovremennyh informacionnyh tehnologii: materialy 6-i vseros. nauch.-tehn. konf. – Ulan-Ude: Izd-vo VSGTU, 2005. – S.61-65. – In Russian.
4. Sergeev A.S. Primenenie metodov geneticheskogo poiska dlya organizacii kriptoanaliza blochnyh kriptosistem na primere standarta shifrovaniya DES / Sergeev A.S. // Nauchnaya mysl' Kavkaza. Pril. – Rostov n/D: Izd-vo SKNC VSh. – 2006. – №15. – S.185-193. – In Russian.
5. Sergeev A.S. O vozmojnosti primeneniya metodov geneticheskogo poiska dlya realizacii kriptoanaliza asimmetrichnogo algoritma shifrovaniya dannyh RSA / A.S. Sergeev // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Ser. Tehnicheskie nauki. – 2008. – №3. – S.48-52. – In Russian.
6. Chernyshev Yu.O. Issledovanie i razrabotka metodov geneticheskogo poiska dlya realizacii kriptoanaliza algoritma IDEA i resheniya osnovnyh teoretiko-chislovyh zadach kriptografii / Yu.O. Chernyshev, A.S. Sergeev, N.N. Vencov // Vestn. RGUPS. – 2009. – №3(35). – S.70-79. – In Russian.
7. Lebedev O.B. Trassirovka v kanale metodom murav'inoi kolonii / O.B. Lebedev // Izv. YuFU. Ser. Tehnicheskie nauki. Tem. vyp. «Intellektual'nye SAPR». – Taganrog: Izd-vo TTI YuFU. – 2009. – №4(93). – S.46-52. – In Russian.
8. Kureichik V.M. O nekotoryh modifikaciyah murav'inogo algoritma / V.M. Kureichik, A.A. Kajarov // Izv. YuFU. Ser. Tehnicheskie nauki. Tem. vyp. «Intellektual'nye SAPR». – Taganrog: Izd-vo TTI YuFU. – 2008. – №4(81). – S.7-12. – In Russian.
9. Vasil'ev E.M., Svistunov A.A. Reshenie kombinatornyh zadach modelirovaniem povedeniya murav'inyh kolonii [Elektron. resurs]. Rejim dostupa:
http://www.v-itc.ru/electrotech/2008/01/pdf/2008-01-15.pdf. – In Russian.
10. Dorigo M. Ant Algorithms for Discrete Optimization //Artificial Life. – 1999. – Vol.5. – No.3. – R.137-172.
11. Costa D., Herts A. Ants can colour graphs. // Journal of the Operation Research Society (JORS), 48:295-305, 1997.
12. Di Caro G. Extending AntNet for best-effort Quality-of-Service routing// Unpublished presentation at ANTS’98 – From Ant Colonies to Artifical Ants: First International Workshop on Ant Colony Optimization, October 15-16, 1998.
13. Ignat'ev. A.L. Ispol'zovanie algoritma murav'inyh kolonii dlya resheniya zadachi marshrutizacii transportnyh sredstv [Elektron. resurs]. Rejim dostupa:

http://2009.it-edu.ru/docs/Sekziya_8/3_Ignat'ev_Ignatyev.doc. – In Russian.

14. Romanec Yu.V. Zashita informacii v komp'yuternyh sistemah i setyah / Yu.V. Romanec, P.A. Timofeev, V.F. Shan'gin. – M.: Radio i svyaz', 2001. – In Russian.

15. Osnovy kriptografii / A.P. Alferov, A.Yu. Zubov, A.S. Kuz'min, A.V. Cheremushkin. – M.: Gelios ARV, 2002. – In Russian.

16. Vagner G. Osnovy issledovaniya operacii / G. Vagner. – M.: Mir, 1972. – In Russian.

17. Algoritmy murav'inoi kolonii [Elektron. resurs]. Rejim dostupa: http://www.wikiznanie.ru/ruwz/index.php. – In Russian.

V.A. FATKHI, A.S. SERGEYEV

APPLICATION OF ANT COLONY ALGORITHM FOR REALIZATION OF TRANSPOSITION CIPHERS CRYPT ANALYSIS

Possibility of application of ant colony algorithms for realization of the transposition ciphers cryptanalysis is studied. Its application to the plain text results in the cryptogram received by shifting symbols of the plain text in a certain order. It is shown how this problem can be restricted to a classical problem of allocation solved by ant colony algorithm. The solution algorithm is given. An example of ant algorithm performance is described.

Key words: *cryptanalysis, problem of allocation, ant algorithm, pheromone, transposition cipher.*

УДК 539.3 + 622.03

УПРУГОЕ РАВНОВЕСИЕ ПОЛУПЛОСКОСТИ С ПРЯМОЛИНЕЙНОЙ ДИСЛОКАЦИЕЙ ТИПА СОМИЛИАНЫ

В.Я. МОЛОТНИКОВ
(Донской государственный технический университет),
А.А. МОЛОТНИКОВА
(Ростовский филиал Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса)

Приведено замкнутое решение задачи теории упругости о равновесии полуплоскости, в которой образована прямолинейная дислокация сдвига. Предполагается, что ядро дислокации лежит внутри области, а линия сдвига пересекает границу полуплоскости. Рассматривается применимость полученного решения к оценке напряженного состояния земной коры в окрестности дизъюнктивных дислокаций.
Ключевые слова: *упругое равновесие, плоская задача, полуплоскость, дислокация Сомилианы, тектонические напряжения.*

Введение. Пусть вдоль кривой L в упругой плоскости произведен разрыв. Края разрыва могут быть раздвинуты, и в полученную щель внедрен материал или, наоборот, с краев щели можно срезать часть материала и берега такой щели склеить, предварительно стиснув и сдвинув их друг относительно друга. Полученные на L скачки перемещений можно задать в виде:

$$g(l) = g_1(l) + ig_2(l), \quad (i = \sqrt{-1}), \tag{1}$$

где l - длина дуги кривой L, отсчитываемая от начальной точки до рассматриваемой,

$$g_1(l) = u_1^+(l) - u_1^-(l), \;\; g_2(l) = v_1^+(l) - v_1^-(l), \tag{2}$$

причем $u_1^{\pm}$ и $v_1^{\pm}$ – пределы компонент смещений u_1 и v_1 вдоль произвольных ортогональных осей O_1x_1 и O_1y_1 слева $(+)$ и справа $(-)$ при движении вдоль линии L от ее начала.

Разрывная деформация, определяемая формулами (1), (2), называется плоской дислокацией Сомилианы [1,2].

Постановка задачи. Положим, что L – луч O_1y_1, исходящий из точки O_1 (рис.1,*а*), расположенной на расстоянии H от границы полуплоскости, и составляющий угол α с положительным направлением оси Oy. Кроме того, выполнены условия:

$$\begin{gathered} -\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}; \\ u_1^+ = v_1^+ = u_1^- = 0, \; v_1^- = \beta, \; (\beta\text{ - const}). \end{gathered} \tag{3}$$

Ставится задача: найти упругое равновесие полуплоскости $y \le 0$ (см. рис. 1,*а*) при условиях (3).

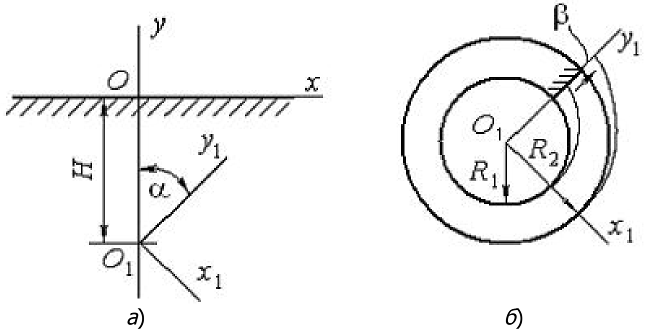


Рис.1. Дислокация Сомилианы в полуплоскости (*а*) и в кольцевой области (*б*)

Функции Мусхелишвили для бесконечной плоскости с внедренной дислокацией. Воспользуемся решением задачи для кругового кольца с внутренним радиусом R_1 и наружным радиусом R_2 (см. рис.1,*б*), в котором произведен разрез по оси O_1y_1, и правый край разреза сдвинут относительно левого закрепленного края на величину β в направлении, указанном на рис.1,*б* стрелкой. После выполнения сдвига края разреза спаяны, и левый край освобожден от закрепления.

Функции Мусхелишвили для указанного кольца приведены в [3]:[1]

$$\Phi(z_1) = -\frac{\beta\mu(\lambda+\mu)}{2\pi(\lambda+2\mu)}\left[\frac{2z_1}{R_1^2+R_2^2} - \frac{1}{z_1}\right];$$
$$\Psi(z_1) = \frac{\beta\mu(\lambda+\mu)}{2\pi(\lambda+2\mu)}\left[\frac{1}{z_1} + \frac{2R_1^2R_2^2}{R_1^2+R_2^2}\cdot\frac{1}{z_1^3}\right], \tag{4}$$
$$(z_1 = x_1 + iy_1),$$

где[2] $\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$; $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$, здесь E – модуль Юнга; ν – коэффициент Пуассона.

Выполнив в формулах (4) предельные переходы при $R_1 \to 0,\ R_2 \to \infty$, получим функции Мусхелишвили для бесконечной плоскости с внедренной по оси O_1y_1 (см. рис.1,*б*) дислокацией:

$$\Phi_1(z_1) = \Psi_1(z_1) = \frac{k}{z_1}, \tag{5}$$

где для краткости введено обозначение

$$k = \frac{\beta\mu(\lambda+\mu)}{2\pi(\lambda+2\mu)}. \tag{6}$$

Используя известные [3] формулы преобразования функций Мусхелишвили при замене прямоугольных координатных осей, записываем функции (5) в осях xOy (см. рис.1,*а*). Для этого совершим вначале поворот осей $x_1O_1y_1$ на угол α так, чтобы новая ось ординат приняла вертикальное положение и была направлена снизу вверх. Затем осуществим параллельный перенос осей на величину H (рис.1,а) вертикально вверх. В результате для бесконечной плоскости с дислокацией получим:

$$\Phi_2(z) = \frac{k}{(z+iH)e^{i\alpha}},\quad \Psi_2(z) = \frac{k[(z+2iH)\cos\alpha + iz\sin\alpha]}{(z+iH)^2},\quad (z = x+iy). \tag{7}$$

Функции Мусхелишвили для полуплоскости с дислокацией. Компоненты напряжений, соответствующие функциям (7), условимся обозначать $\widetilde{X}_x, \widetilde{Y}_y$ и $\widetilde{X}_y$. Они связаны с функциями (7) зависимостями [3]:

$$\widetilde{Y}_y + \widetilde{X}_x = 2\left[\Phi_2(z) + \overline{\Phi_2(z)}\right];\quad \widetilde{Y}_y - \widetilde{X}_x + 2i\widetilde{X}_y = 2\left[\bar{z}\Phi_2'(z) + \Psi_2(z)\right], \tag{8}$$

где чертой сверху отмечаются комплексно сопряженные величины, а штрих означает операцию дифференцирования по аргументу z. Из формул (7), (8) получим поле напряжений в бесконечной плоскости с прямолинейной дислокацией типа Сомилианы с ядром в точке O_1 и линией L, совпадающей с лучом O_1y_1:

[1] В пятом издании монографии [3] формула для функции $\Psi(z_1)$ содержит досадные опечатки.

[2] Рассматривается плоская деформация.

$$\widetilde{X}_x = \frac{k[x\cos\alpha - 3(y+H)\sin\alpha]}{x^2+(y+H)^2} + k\cdot\frac{\left[x^2+3(y+H)^2\right]x\cos\alpha - \left[3x^2-(y+H)^2\right](y+H)\sin\alpha}{\left[x^2+(y+H)^2\right]^2};$$
$$\widetilde{Y}_y = \frac{k[3x\cos\alpha - (y+H)\sin\alpha]}{x^2+(y+H)^2} + k\cdot\frac{\left[3(y+H)^2-x^2\right]x\cos\alpha + \left[3x^2-(y+H)^2\right](y+H)\sin\alpha}{\left[x^2+(y+H)^2\right]^2}; \quad (9)$$
$$\widetilde{X}_y = \frac{k[x\sin\alpha - (y+H)\cos\alpha]}{x^2+(y+H)^2} + k\cdot\frac{\left[3x^2-(y+H)^2\right](y+H)\cos\alpha + \left[x^2-3(y+H)^2\right]x\sin\alpha}{\left[x^2+(y+H)^2\right]^2},$$

где параметр k по-прежнему определяется формулой (6).

Приложим теперь по оси x нормальные $(N(x))$ и касательные $(T(x))$ нагрузки, равные по величине соответственно нормальным $\widetilde{Y}_y$ и касательным $\widetilde{X}_y$ напряжениям на оси *x*, взятым с противоположными знаками. Полагая во второй и третьей из формул (9) $y=0$ и изменяя знаки, получаем:

$$N(x) = k\cdot\frac{H\sin\alpha - 3x\cos\alpha}{x^2+H^2} - k\cdot\frac{\left(3H^2-x^2\right)x\cos\alpha + \left(3x^2-H^2\right)H\sin\alpha}{\left(x^2+H^2\right)^2};$$
$$T(x) = k\cdot\frac{H\cos\alpha - x\sin\alpha}{x^2+H^2} - k\cdot\frac{\left(3x^2-H^2\right)H\cos\alpha + \left(x^2-3H^2\right)x\sin\alpha}{\left(x^2+H^2\right)^2}. \quad (10)$$

Следуя Л.А. Галину [4], обозначаем:

$$\omega_1(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta - z}, \qquad \omega_2(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{T(\zeta)d\zeta}{\zeta - z}, \qquad \left(z\in S^-\right), \quad (11)$$

где S^- означает область, расположенную ниже оси *x*, для всех точек которой $y<0$.

Функции Мусхелишвили $(\Phi_3(z), \Psi_3(z))$ для полуплоскости, нагруженной на границе $y=0$ усилиями (10) выражаются [3] через функции Галина (11) по формулам:

$$\Phi_3(z) = -\omega_1(z) + i\omega_2(z); \qquad \Psi_3(z) = -2i\omega_2(z) + z[\omega_1'(z) - i\omega_2'(z)]. \quad (12)$$

Вычисление интегралов, представляющих функции Галина. Анализируя формулы (10), легко убедиться в том, что в интегралах типа Коши (11) функции $N(z)$ и $T(z)$ голоморфны всюду в S^- за исключением точки $z=-iH$, в которой они имеют как простой, так и двукратный полюс.

Рассмотрим, например, вычисление интеграла в первой из формул (11). Проведем в нижней полуплоскости $y\le 0$ дугу полуокружности с центром в начале координат и радиусом $R>H$ (рис.2). Вычислим интеграл:

$$F(z) = \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta - z}, \quad (13)$$

где Γ – замкнутый контур, состоящий из отрезка оси абсцисс $[-R;+R]$ и дуги полуокружности C (рис.2). Контур Γ будем обходить в положительном направлении так, чтобы ограниченная им часть области S^- при обходе Γ была расположена все время слева. На рис.2 направление обхода Γ показано стрелками.

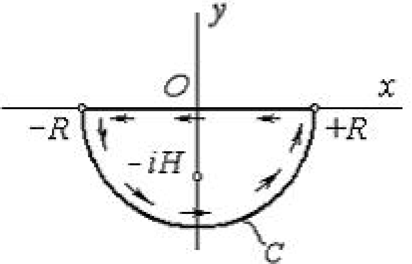


Рис. 2. Контур интегрирования

В силу аддитивности интеграла представим формулу (13) в виде

$$F(z) = -\frac{1}{2\pi i}\int_{-R}^{+R}\frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta - z} + \frac{1}{2\pi i}\int_C\frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta - z}. \quad (14)$$

С другой стороны, по теореме вычетов [5]

$$F(z)=\sum res\, N(a_i), \tag{15}$$

где в правой части равенства символически записана сумма вычетов функции $N(z)$ во всех особых точках a_i области, ограниченной контуром Γ.

Приравнивая правые части равенств (14) и (15), получаем:

$$\frac{1}{2\pi i}\int_{-R}^{+R}\frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta-z}=\frac{1}{2\pi i}\int_{C}\frac{N(\zeta)d\zeta}{\zeta-z}-\sum res\, N(a_i). \tag{16}$$

Используя первую из формул (10), легко убедиться в том, что при $R\to\infty$ интеграл в правой части формулы (16) стремится к нулю. Тогда, совершая указанный предельный переход в формуле (16) с учетом обозначений (11), получаем:

$$\omega_1(z)=-\sum res\, N(a_i). \tag{17}$$

Из формулы (17) после подсчета и суммирования вычетов получим:

$$\omega_1(z)=k\cdot\frac{(z-2iH)\cos\alpha+H\sin\alpha}{(z-iH)^2}. \tag{18}$$

Аналогично найдем:

$$\omega_2(z)=k\cdot\frac{H\cos\alpha+z\sin\alpha}{(z-iH)^2}. \tag{19}$$

Подстановка найденных функций (18), (19) и соответствующих производных в формулы (12) дает следующие функции Мусхелишвили для полуплоскости, на границе которой приложены распределенные нагрузки (10):

$$\begin{gathered}\Phi_3(z)=k\cdot\frac{(3iH-z)\cos\alpha+i(z+iH)\sin\alpha}{(z-iH)^2};\\ \Psi_3(z)=k\cdot\frac{\left(3iHz-2H^2-z^2\right)\cos\alpha-\left(iz^2+5Hz\right)\sin\alpha}{(z-iH)^3}.\end{gathered} \tag{20}$$

Компоненты напряжений, соответствующих этим функциям, условимся снабжать верхним индексом «0». Используя формулы типа (8) и зависимости (20), находим:

$$\begin{gathered}X_x^0=\frac{2k\left\{2x(y-H)\left[(4H-y)\cos\alpha+2x\sin\alpha\right]-\left[x^2-(y-H)^2\right]\left[x\cos\alpha+(H+2y)\sin\alpha\right]\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^2}-\\ -\frac{2ky\left\{x\left[3(y-H)^2-x^2\right]\left[(5H-y)\cos\alpha+x\sin\alpha\right]\right.}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3}+\\ +\frac{\left.(y+H)\left[(y-H)^2-3x^2\right]\left[x\cos\alpha+(y+H)\sin\alpha\right]\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3};\\ Y_y^0=-\frac{2k\left\{(x\cos\alpha+H\sin\alpha)\left[x^2-(y-H)^2\right]+2x(y-H)(y-2H)\cos\alpha\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^2}+\\ +\frac{2ky\left\{x\left[3(y-H)^2-x^2\right]\left[(5H-y)\cos\alpha+x\sin\alpha\right]\right.}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3}+\\ +\frac{\left.(y+H)\left[(y-H)^2-3x^2\right]\left[(y+H)\sin\alpha+x\cos\alpha\right]\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3};\end{gathered} \tag{21}$$

$$X_y^0 = -\frac{2k\left\{(H\cos\alpha + x\sin\alpha)\left[x^2-(y-H)^2\right]+2xy(y-H)\sin\alpha\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^2} -$$
$$-\frac{2ky\left\{(y-H)\left[(y-H)^2-3x^2\right]\left[x\sin\alpha+(5H-y)\cos\alpha\right]}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3}+$$
$$+\frac{x\left[x^2-3(y-H)^2\right]\left[x\cos\alpha+(3H+y)\sin\alpha\right]\right\}}{\left[x^2+(y-H)^2\right]^3}.$$

Суммированием соответствующих компонент напряжений в формулах (9) и (21) получаем решение поставленной задачи:

$$X_x = \widetilde{X}_x + X_x^0; \qquad Y_y = \widetilde{Y}_y + Y_y^0; \qquad X_y = \widetilde{X}_y + X_y^0. \tag{22}$$

На рис.3 изображены эпюры максимальных $(\sigma_{\max})$ и минимальных $(\sigma_{\min})$ (в плоскости xOy (см. рис.1,а)) нормальных напряжений, рассчитанных по формуле

$$\sigma_{\substack{\max\\ \min}} = \frac{X_x+Y_y}{2} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\left(X_x-Y_y\right)^2+4X_y^2},$$

а также эпюры нормального напряжения (σ_z), перпендикулярного плоскости xOy

$$\sigma_z = \nu\left(X_x+Y_y\right),$$

причем компоненты X_x, Y_y, X_y определены формулами (22), (9) и (21).

На рис.3 построены также эпюры эквивалентных напряжений $\left(\sigma_{\text{экв}}^V\right)$ по пятой теории прочности (Мора):

$$\sigma_{\text{экв}}^V = \sigma_1 - m\sigma_3,$$

где m – отношение пределов прочности при растяжении и сжатии; σ_1 и σ_3 – соответственно алгебраически большее и меньшее главное напряжение.

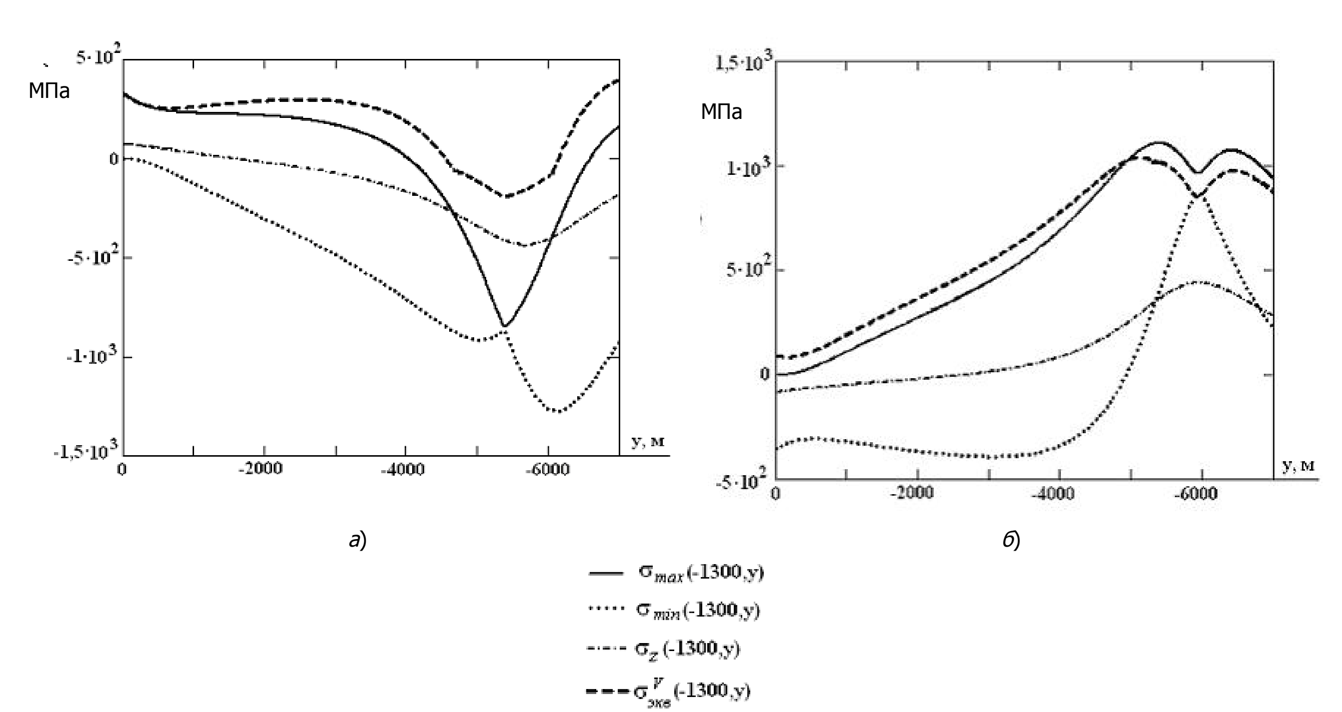


Рис.3. Эпюры напряжений на вертикали слева (*а*) и справа (*б*) от ядра дислокации

При этом фиксированные значения абсциссы x выбирались так, чтобы вертикаль $x = \mathrm{const}$ целиком располагалась слева (см. рис.3,*а*) или справа (см. рис.3,*б*) от линии разрыва перемещений. При построении эпюр принято: $E = 2{,}1 \cdot 10^4$ МПа; $\nu = 0{,}24$; $H = 5800$ м; $\beta = 700$ м; $m = 0{,}25$, $\alpha = \pi/15$.

Отметим следующие особенности распределения напряжений в окрестности ядра дислокации. Слева от линии разрыва (см. рис.3,*а*) всюду $\sigma_1 = \sigma_{\max}$, за исключением некоторой окрестности ядра дислокации, в которой $\sigma_1 = \sigma_z$. Аналогично справа от линии разрыва (см. рис.3,*б*) $\sigma_3 = \sigma_{\min}$ всюду, за исключением некоторой окрестности ядра, где $\sigma_3 = \sigma_z$.

О применимости полученных результатов к оценке тектонических напряжений. Известно [6], что одним из проявлений геодинамических процессов в земной коре является образование разрывных нарушений, называемых дизъюнктивными дислокациями. Схематически такая дислокация показана на рис. 4, где цифрами 1 и 2 обозначены соответственно неподвижный и переместившийся блоки земной коры. Такого рода разлом в геологии называется [6] взбросом. Стрелка на рис. 4 указывает направление смещения блока 2. Напряжения, обусловленные движением земной коры, принято называть [6] тектоническими.

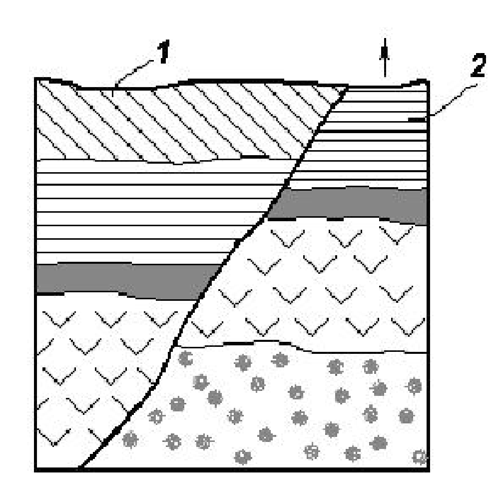


Рис.4. Схема образования дислокации взброса

Если массив горных пород в окрестности дислокации принять однородным, изотропным и идеально упругим, то, очевидно, поставленная задача служит почти адекватной математической моделью горного массива с дислокацией взброса. При иных условиях ответ на вопрос о применимости найденного решения (22) к оценке тектонических напряжений в окрестности взброса может быть получен только путем сопоставления результатов натурных и численных экспериментов.

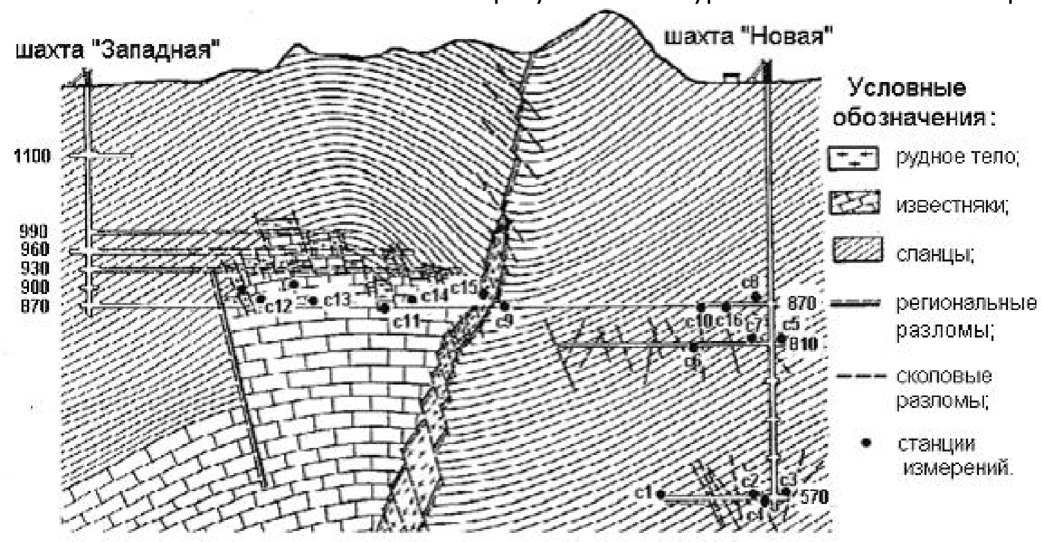


Рис.5. Геологическая схема района рудника «Кадамжай» с изображением мест расположения станций измерения напряжений на различных высотных отметках над уровнем моря

Для того чтобы выполнить указанное сопоставление, воспользуемся сведениями, изложенными в коллективном труде [7]. На рис.5 схематически изображен заимствованный из [7] разрез верхней части земной коры в зоне сурьмяного рудника «Кадамжай». На станциях измере-

ний, отмеченных на схеме, сотрудниками ВНИМИ (СПб.) и ИФМГП (Бишкек) были проведены опытные работы по исследованию напряженного состояния горных пород, вмещающих разлом, «залечивание» которого привело к образованию рудной залежи. В цитируемой работе оказались практически все сведения, необходимые для выполнения расчетов, основанных на формулах (22). Эти сведения частично уже даны выше (модуль Юнга E и коэффициент Пуассона ν сланцев, высота взброса β и др.) и использованы при построении эпюр напряжений (см. рис.3). Другая их часть, а также опытные и расчетные значения максимальных тектонических напряжений приведены в таблице.

Максимальные тектонические напряжения
в окрестности рудника «Кадамжай» (Центрально-Азиатский регион)

Участок, горизонт	Глубина от дневной поверхности, м	Расстояние до разлома по горизонтали, м	Максимальное нормальное тектоническое напряжение, МПа	
			измеренное	расчетное
1	2	3	4	5
Горизонт 960 м	240	200	11,3	7,9
Северный штрек, горизонт 930 м	330	25	17,1	14,2
Южный штрек, горизонт 930 м	380	10	22,0	20,0
Ствол шахты «Новая»	425	700	7,8	11,1

Как видно из столбцов 4 и 5 таблицы, совпадение расчетных и опытных значений максимальных тектонических напряжений вполне приемлемое. Кроме численных значений, имеет место также приемлемое совпадение направлений этих напряжений. Так, произведя несложные вычисления, можно найти, что, например, на горизонте 930 м в южном штреке напряжение σ_{max} имеет азимут 163°, тогда как опытное значение этого азимута составляет 156° [7, с.265].

Итак, в результате проведенной работы было получено замкнутое решение задачи упругого равновесия полуплоскости с внедренной в нее прямолинейной дислокацией типа Сомилианы, выходящей на границу области. Решение представлено трансцендентными функциями приемлемой компактности. Указана одна из возможных областей приложения полученного решения.

Выводы. На основании сопоставления значений максимальных тектонических напряжений, найденных расчетным путем (см. таблицу, ст. 5), с результатами натурных экспериментов [7] можно сделать следующие выводы:

1) поставленная в статье задача может быть использована в качестве математической модели при оценке (в первом приближении) напряжений в окрестности определенных разновидностей тектонических разломов земной коры;

2) при использовании аналитического решения рассмотренной задачи во многих случаях может отпасть необходимость в дорогостоящих и трудоемких исследованиях напряженно-деформированного состояния горных пород методом разгрузки [7] или иными инструментальными методами.

Библиографический список

1. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций / Дж. Эшелби. – М.: ИЛ, 1963. – 221 с.

2. Екобори Т. Физика и механика разрушения и прочности твердых тел / Т. Екобори. – М.: Металлургия, 1971. – 264 с.

3. Мусхелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н.И. Мусхелишвили. – М.: Наука, 1966. – 708 с.

4. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости / Л.А. Галин. – М.: Наука, 1980. – 304 с.

5. Смирнов В.И. Курс высшей математики: учеб. для вузов / В.И. Смирнов. – Т.3, ч.2. – М.: Наука, 1974. – 672 с.
6. Хаин В.Е. Геотектоника с основами геодинамики: учеб. для вузов / В.Е. Хаин, М.Г. Ломизе. – 3-е изд. – М.: Книжный дом «Университет», 2010. – 560 с.
7. Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразовании (Центральная Азия); ред. Н.П. Лавёров – М.: Научный мир, 2005. – 400 с.

Материал поступил в редакцию 22.11.10.

References

1. Eshelbi Dj. Kontinual'naya teoriya dislokacii / Dj. Eshelbi. – M.: IL, 1963. – 221 s. – In Russian.
2. Ekobori T. Fizika i mehanika razrusheniya i prochnosti tverdyh tel / T. Ekobori. – M.: Metallurgiya, 1971. – 264 s. – In Russian.
3. Mushelishvili N.I. Nekotorye osnovnye zadachi matematicheskoi teorii uprugosti / N.I. Mushelishvili. – M.: Nauka, 1966. – 708 s. – In Russian.
4. Galin L.A. Kontaktnye zadachi teorii uprugosti i vyazkouprugosti / L.A. Galin. – M.: Nauka, 1980. – 304 s. – In Russian.
5. Smirnov V.I. Kurs vysshei matematiki: ucheb. dlya vuzov / V.I. Smirnov. – T.3, ch.2. – M.: Nauka, 1974. – 672 s. – In Russian.
6. Hain V.E. Geotektonika s osnovami geodinamiki: ucheb. dlya vuzov / V.E. Hain, M.G. Lomize. – 3-e izd. – M.: Knijnyi dom «Universitet», 2010. – 560 s. – In Russian.
7. Sovremennaya geodinamika oblastei vnutrikontinental'nogo kollizionnogo goroobrazovanii (Central'naya Aziya); red. N.P. Laverov – M.: Nauchnyi mir, 2005. – 400 s. – In Russian.

V.Y. MOLOTNIKOV, A.A. MOLOTNIKOVA

ELASTIC BALANCE OF HALF-PLANE WITH RECTILINEAR SOMILIAN DISLOCATION

Closed solution of the elasticity problem on the half-plane balance with rectilinear shift dislocation is presented. The dislocation core is assumed to lie inside the area, and the slip line - to cross the half-plane boundary. The solution applicability to the estimation of the crust stress state near disjoint dislocations is considered.
Key words: *elastic balance, plane problem, half-plane, Somilian dislocation, tectonic stress.*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.95.08:51-74

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЙ СВЕРЛА В РАДИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ

В.С. БЫКАДОР
(Донской государственный технический университет)

Рассмотрено применение стробоскопического преобразования А. Пуанкаре для диагностирования отклонений сверла в радиальном направлении.
Ключевые слова: *стробоскопическое преобразование А.Пуанкаре, диагностирование технологических процессов.*

Введение. Одной из проблем процесса сверления глубоких отверстий является обеспечение геометрической точности параметров отверстия [1, 2]. Под погрешностью геометрических параметров отверстия, как правило, понимаются отклонения действительного диаметра отверстия от его идеального диаметра (разбивка отверстия) и отклонение действительной оси отверстия от его идеальной оси (увод оси отверстия). Известно, что на разбивку отверстия и увод его оси влияют отклонения сверла в радиальном направлении. Одним из современных и эффективных способов устранения радиальных отклонений сверла является адаптивное управление процессом сверления. Законы управления процессом сверления необходимо строить на основе изучения динамики процесса обработки, которая отражает в себе как процессы, протекающие в зоне резания, так и особенности технологической системы, приводящие к различным погрешностям обрабатываемых отверстий. Однако существует немалое число факторов (срыв нароста, неравномерное продвижение стружки по стружкоотводящим канавкам, погрешности элементов технологического оборудования, неточность движений исполнительных органов и т.п.), которые приводят к упругим деформационным смещениям вершины сверла и которые сложно учесть в динамических моделях, так как эти факторы имеют случайный характер. Поэтому целесообразно помимо формирования законов управления, учитывающих динамику технологической системы, выполнять диагностирование упругих отклонений вершины сверла в реальном времени процесса сверления и вводить соответствующие коррекции в законы управления с целью устранения геометрических погрешностей отверстия.

Постановка задачи. Изучение взаимосвязи между отображениями стробоскопических точек на плоскостях А. Пуанкаре с соответствующими радиальными отклонениями сверла.

Базовые положения. На рис.1 приведена схема измерения радиальных отклонений сверла бесконтактным способом при помощи токовихревых датчиков.

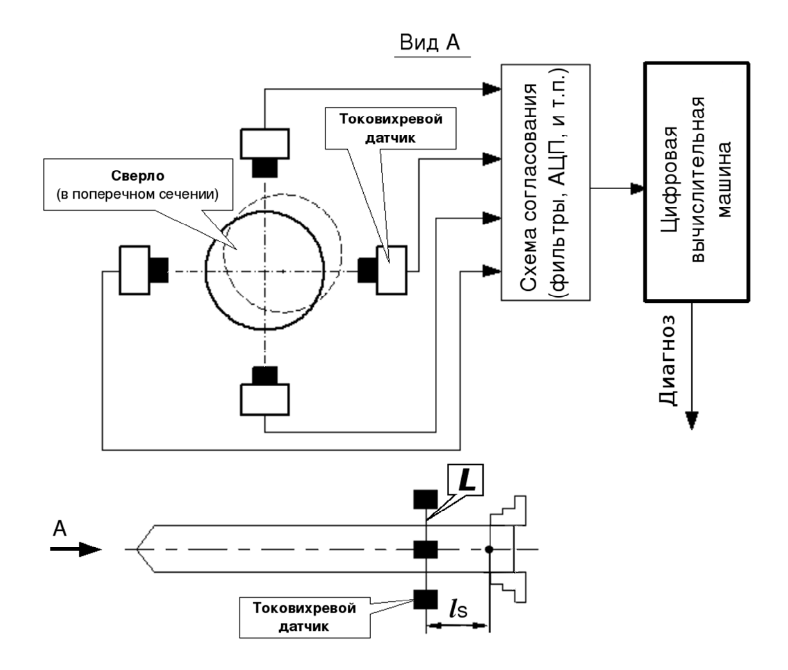


Рис.1. Схема измерения радиальных отклонений сверла при помощи токовихревых датчиков

Радиальные отклонения вершины сверла в ортогональных направлениях представляют собой вектор непрерывных функций времени $Y = \|y_1(t), y_2(t)\|^T$, анализ которых позволяет установить значения отклонений по каждому направлению, вид отклонений и их тренд во времени. Однако следует учитывать некоторые важные обстоятельства. Во-первых, цифровая реализация системы диагностирования приводит к тому, что в действительности анализируются не исходные непрерывные функции $y_1(t)$ и $y_2(t)$, а их дискретные аналоги $y_1(t_k)$ и $y_2(t_k)$, потенциально несущие меньшее количество информации. Во-вторых, выше было отмечено, что реальный процесс резания является потенциально возмущенным, поэтому процесс резания сопровождается силовым шумом. Отметим, что составляющие силового шума не зависят от координат состояния системы. Таким образом, необходимо анализировать некоторый случайный процесс дискретного характера.

Обоснование введения стробоскопического преобразования А.Пуанкаре. Процессы, протекающие в зоне резания, находятся в частотном диапазоне, определяемом частотой вращения шпинделя станка ω_p. Собственные колебания системы, как минимум, на порядок выше частоты шпинделя ω_p, поэтому можно считать, что резонансные свойства подсистемы инструмента проявляться не будут. Другими словами, основные факторы, вызывающие разбивку диаметра и увод оси отверстия, вызваны возмущениями, связанными с физическими явлениями, сопутствующими процессу резания и периодически повторяющими с периодом, определяемым частой вращения шпинделя ω_p. Для выявления таких периодичностей удобно использовать стробоскопическое преобразование А. Пуанкаре от вектора непрерывных функций Y [3].

Вектор Y представляет собой решения системы дифференциального уравнения (1), описывающего движения вершины сверла в ортогональных радиальных направлениях во временной области.

$$M \cdot \frac{d^2Y}{dt^2} + H \cdot \frac{dY}{dt} + C \cdot Y = P_Y(Y, S_P, V_P), \tag{1}$$

где M, H и C - матрицы размером 2×2, определяющие параметры подсистемы инструмента в ортогональных радиальных направлениях; $Y = \|y_1(\mathrm{t}), y_2(t)\|^T$ - вектор отклонений сверла в радиальных направлениях; $P_Y(Y, S_P, V_P) = \|P_{Y1\Sigma}(Y, S_P, V_P), P_{Y2\Sigma}(Y, S_P, V_P)\|^T$ - вектор-функций динамических характеристик; S_P - подача пиноли; V_P - скорость резания.

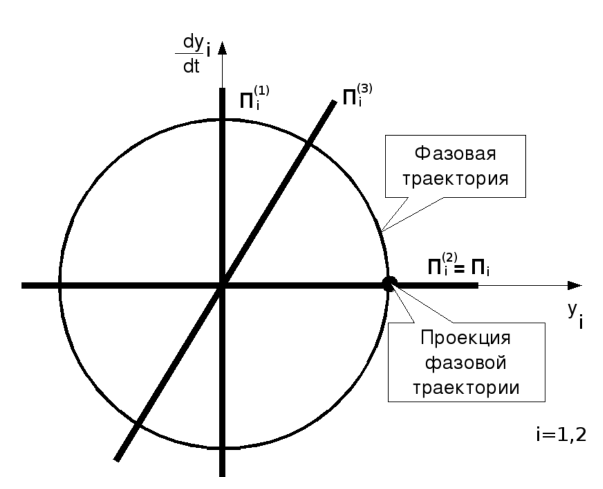


Рис. 2. Варианты введения плоскости Π_i на фазовом портрете $(dy_i / dt; y_i)$

Известно, что решения системы (1) можно представить в фазовых плоскостях с координатами $(dy_i / dt; y_i)$. Тогда, рассекая траекторию изображающей точки Q секущей плоскостью Π_i, можно получить на Π_i проекции траектории точки Q, которые будут представлять собой преобразование А. Пуанкаре фазового портрета. Следует отметить, что плоскость Π_i может быть введена как угодно на фазовом портрете, главное, чтобы было выполнено требование трансверсальности плоскости Π_i к фазовой траектории. Для рассматриваемого случая плоскость Π_i может быть введена одним из способов, показанных на рис.2.

Как видно из рис.2, введение секущей плоскости на фазовом портрете по варианту $\Pi_i^{(1)}$ по-

зволяет анализировать только изменение скоростей dy_i / dt, по варианту $\Pi_i^{(2)}$ - только изменения координат y_i, а по варианту $\Pi_i^{(3)}$ - как изменения скоростей dy_i / dt, так и изменения координат y_i. Так как интерес представляют отклонения радиальных координат вершины сверла y_i, которые формируют геометрические погрешности отверстия, то вполне достаточно ограничиться введением секущей плоскости $\Pi_i = \Pi_i^{(2)}$.

Следует обратить внимание на то, что в общем случае период пересечения фазовой траектории плоскости Π_i может быть различным из-за наличия в решении системы (1) движений, обусловленных многими факторами, поэтому использование преобразования А. Пуанкаре приводит к размыванию точки А.Пуанкаре на плоскости Π_i. Тем не менее, по своей сущности, функции вектора Y являются периодическими. Период данных функций определяется частотой вращения шпинделя ω_p. Таким образом, для анализа радиальных перемещений вершины сверла целесообразно использовать именно стробоскопическое преобразование А. Пуанкаре.

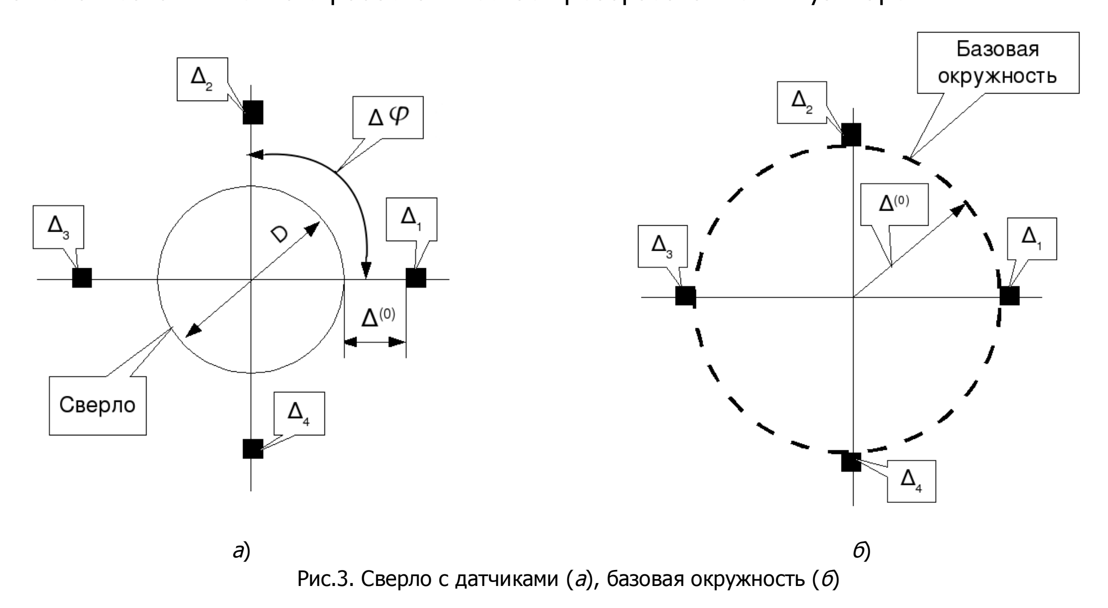


Рис.3. Сверло с датчиками (*а*), базовая окружность (*б*)

Перед тем как перейти к рассмотрению расположения точек А. Пуанкаре на плоскостях, соответствующих различным видам отклонений сверла, остановимся на некоторых важных моментах. Во-первых, как было сказано выше, период стробоскопического отображения А. Пуанкаре определяется частотой вращения шпинделя ω_p. Так как имеется четыре датчика (см. рис.1), то за один оборот сверла получается по одной точке от каждого датчика. Другими словами, выполняется стробоскопическое преобразование А. Пуанкаре для каждого датчика, а в идеале для пары ортогонально расположенных датчиков. Так как датчики смещены относительно друг друга на угол $\Delta\varphi = \pi / 2$ (рис.3,*а*), то временные интервалы снятия данных с датчиков будут также смещены на $1/4$ периода оборота сверла. Отметим, что частота вращения шпинделя ω_p может иметь вариации $\pm\Delta\omega_p$, поэтому для адаптивной подстройки периода стробоскопического отображения А. Пуанкаре желательно использовать датчик угла поворота, а не формировать период, используя таймер. Во-вторых, так как диаметр сверла D не имеет значения для анализа отклонений его вершины, то целесообразно исключить диаметр D и рассматривать некоторую окружность с радиусом $\Delta^{(0)}$ (рис.3,*б*), которую будем называть базовой. Если отклонения сверла отсутствуют, то все точки будут лежать на пересечении базовой окружности с осями каждого из направлений

смещений Δ_i, в противном случае точки А. Пуанкаре будут находиться не на базовой окружности. Таким образом, базовая окружность является некоторым критерием, характеризующим отклонения вершины сверла в радиальном направлении. В-третьих, следует отметить, что радиальные смещения сверла рассматриваются в плоскости L датчиков, расположенной на расстоянии l_S от точки закрепления сверла (см. рис.1). Так как рассматривается низкочастотная область колебаний инструмента, то деформационные смещения вершины сверла и деформационные смещения сверла в плоскости L можно связать через некоторый коэффициент.

Расположения точек А. Пуанкаре на плоскостях для различных видов радиальных отклонений вершины сверла. При силовом зашумлении процесса сверления диагностирование радиальных отклонений вершины сверла с помощью стробоскопического преобразования А. Пуанкаре возможно только с использованием статистических оценок, например, среднего значения μ_x и дисперсии σ_x^2 расположения точек на плоскостях А. Пуанкаре. Как известно, данные характеристики определяются следующими выражениями [4]:

$$\mu_x = \frac{1}{m} \cdot \sum_{k=1}^{m} y_k ; \quad (2)$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{k=1}^{m} (y_k - \mu_x)^2 , \quad (3)$$

где m - число реализаций скользящего среднего; y_k - k-е значение случайной величины отклонения вершины сверла в радиальном направлении.

Следует обратить внимание на следующие аспекты. Во-первых, вычисление статистических величин μ_x и σ_x^2 необходимо выполнять по каждому направлению Δ_i $(i = \overline{1,4})$. Во-вторых, требуется накопление некоторого количества исходных данных для выполнения достоверного статистического анализа, т.е. необходимо накопить некоторое минимальное количество точек $m_O = \min(m)$, обеспечивающее сходимость оценок μ_x и σ_x^2 к некоторому стационарному значению. На рис.4 приведен пример зависимости сходимости μ_x от количества точек m. Как можно видеть, минимальным количеством точек, обеспечивающим сходимость μ_x, является $m_O \approx 150$. В-третьих, как показали исследования, вместо скользящего окна шириной в m_O точек возможно усреднение по всему ансамблю наблюдаемых величин, т.е. окно не смещается на одно точку, а постоянно расширяется, включая в себя новые точки. Именно такой подход был использован для оценки расположения точек на плоскостях А. Пуанкаре при наличии силового шума.



Рис.4. Пример сходимости оценки μ_x в зависимости от величины выборки m (для случая убывающей разбивки отверстия по направлению Δ_1)

На рис.5,*а* показано расположение точек и их средних значений μ_x (по каждому из направлений) для случая постоянной разбивки, а на рис.5,*б* для случая убывающей разбивки по мере увеличения глубины засверливания сверла.

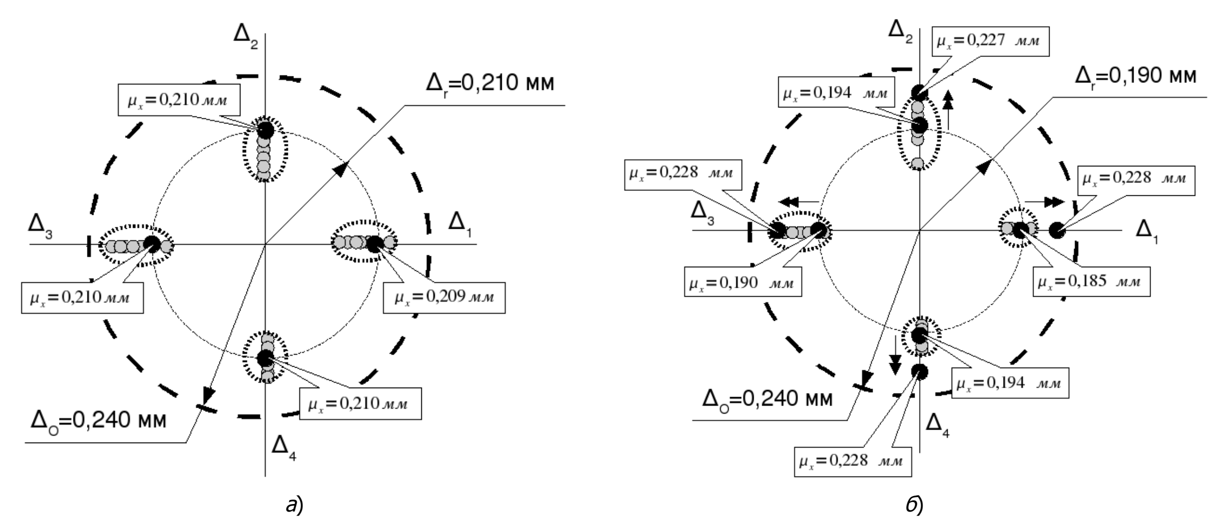


Рис.5. Пример расположения точек на плоскостях А. Пуанкаре и их средних значений μ_x (по i -му направлению): *а* – постоянная разбивка; *б* – уменьшающаяся разбивка по мере заглубления сверла.

В случае постоянной разбивки диаметра отверстия (см. рис.5,*а*), в начале процесса диагностирования при $m < m_O$ будет наблюдаться изменение величин μ_x вблизи некоторого значения Δ_r (см. рис.5,*а*), при $m \geq m_O$ точка, характеризующая μ_x, стабилизируется около некоторой величины Δ_r.

Аналогичное движения точки μ_x будет наблюдаться и при изменяющейся при заглублении сверла разбивке. Однако в данном случае точка μ_x при $m > m_O$ будет иметь монотонное движение. Например, при уменьшающейся разбивке при увеличении заглубления сверла точка, характеризующая μ_x, будет монотонно двигаться в сторону базовой окружности (см. рис.5,*б*).

Следует обратить внимание, что в случае разбивки диаметра отверстия точки могут располагаться за пределами базовой окружности, что, в свою очередь, зависит от направления вектора радиального отклонения вершины сверла Y в момент начала стробоскопического преобразования А. Пуанкаре. Однако все положения, касающиеся как расположения, так и движения средних значений μ_x точек, при разбивке диаметра отверстия останутся в силе.

При уводе оси сверла будет иметь место монотонное нарастание вектора радиального отклонения вершины сверла Y, что приведет к тому, что сверло своей цилиндрической поверхностью будет приближаться к одним датчикам и отдаляться от других. Такое движение сверла будет иметь характерное движение среднего значения μ_x точек по соответствующим направлениям Δ_i (см. рис.6): по одним направлениям μ_x будет двигаться от периферии окружности к её центру, по другим направлениям μ_x будет перемещаться от периферии окружности в бесконечность.

Отметим, что по величинам смещений μ_x, которые обозначены на рис.6 как $\Delta\mu_x$, возможно ориентировочно оценить величину смещения сверла по каждому из ортогональных направлений $\Delta_1 - \Delta_3$ и $\Delta_2 - \Delta_4$, а по направлениям движения точек – ориентировочное направление увода оси сверла. Действительное направление увода сверла противоположно направлению

движения точек на плоскостях А. Пуанкаре (см. рис.6). Выше описанный случай относится к отображению развития увода на плоскостях А. Пуанкаре при сверлении без вращения заготовки.

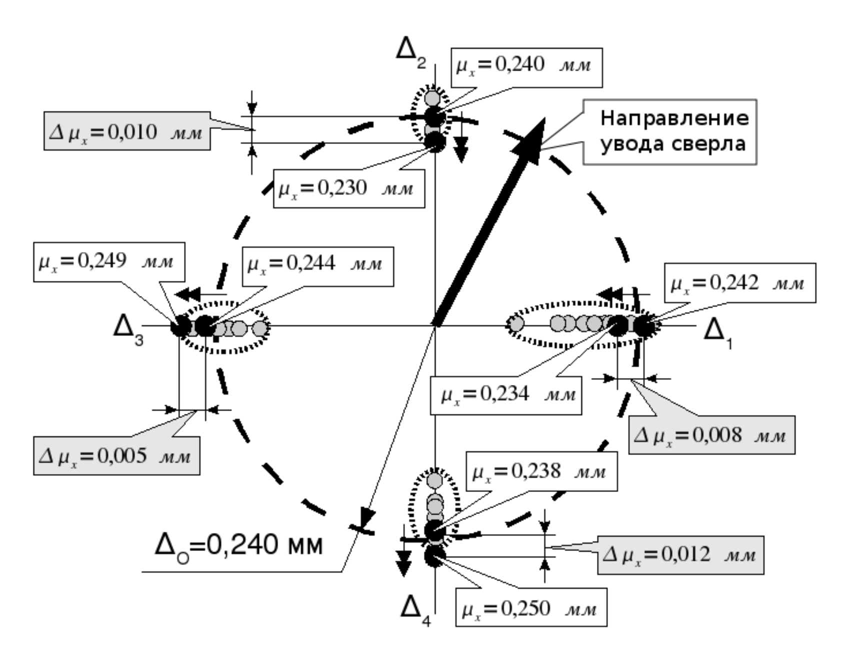


Рис.6. Пример расположения точек на плоскостях А. Пуанкаре и их средних значений μ_x (по i -му направлению) для случая увода оси сверла при отсутствии вращения заготовки

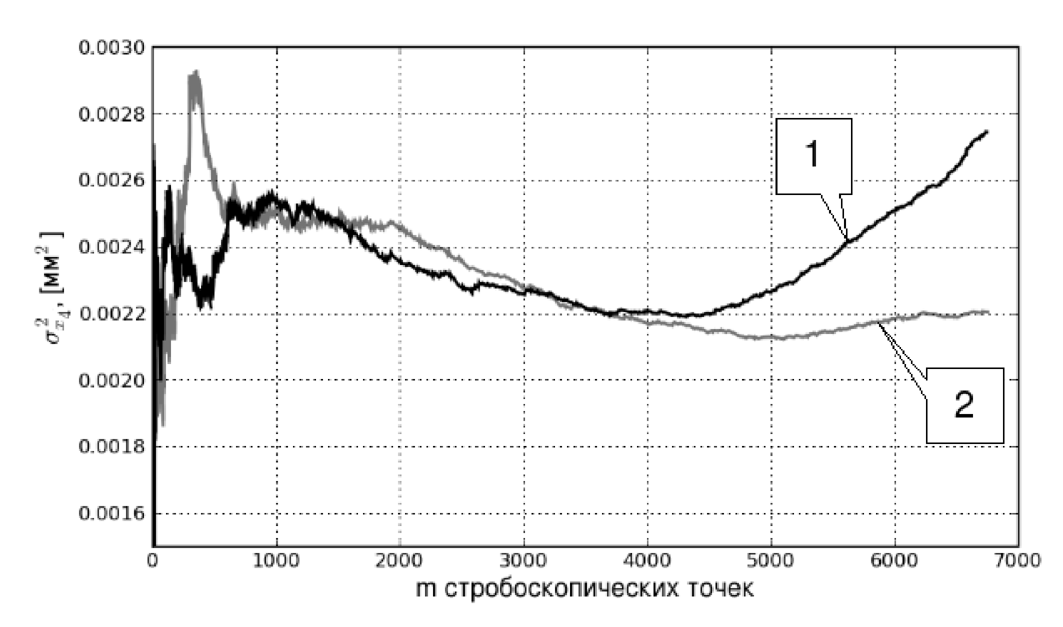


Рис.7. Пример изменения дисперсии σ_x^2 точек на плоскостях А. Пуанкаре по направлению Δ_4:
1 – увод оси сверла при совместном вращении шпинделя станка и заготовки;
2 – отсутствие каких-либо радиальных отклонений сверла.

По мере возможности для уменьшения увода оси сверла применяют сверление с одновременным вращением шпинделя станка и заготовки, при этом $|\omega_3| < |\omega_p|$ (ω_3 - частота вращения заготовки). В этом случае вектор радиального отклонения вершины сверла Y при развитии увода сверла будет совершать вращение с частотой ω_3, а период стробоскопического отображения

А.Пуанкаре будет, как и ранее, зависеть от частоты вращения шпинделя ω_p. Это приведёт к тому, что точки на плоскостях А. Пуанкаре будут располагаться хаотически по каждому Δ_i направлению, а величины μ_x будут лежать на базовой окружности. В этом случае увод вершины сверла можно анализировать по величинам дисперсий σ_x^2 по каждому направлению. Увеличение увода оси сверла приведёт к соответствующему увеличению дисперсий σ_x^2.

Следует отметить, что минимально необходимое количество точек m_O для данного случая сверления, как правило, в несколько раз больше, чем для ранее рассмотренных случаев.

Однако в случае силовой зашумлённости процесса дисперсии σ_x^2 точек на плоскостях А. Пуанкаре будут иметь место и в отсутствие каких-либо отклонений сверла. Дисперсии σ_x^2 в данном случае будут обусловлены силовым шумом. Тем не менее, величины дисперсий σ_x^2, вызванных уводом оси сверла при совместном вращении шпинделя станка и заготовки, будут выше, чем величины дисперсий σ_x^2, вызванных только лишь одним силовым шумом (рис.7).

Выводы. 1. Как можно заметить, расположение и движение стробоскопических точек на плоскостях А. Пуанкаре позволяет однозначно определить вид радиального отклонения сверла и его стробоскопическую оценку, а по скорости перемещения точек по плоскостям оценить интенсивность развития радиального отклонения сверла. Отметим, что для проведения данного анализа удобным является выполнять оценку расположения и движения точек относительно базовой окружности, которая в таком случае является некоторым отображением идеальной поверхности отверстия.

2. Использование даже таких элементарных статистических оценок, как среднее значение μ_x и дисперсия σ_x^2 случайного распределения точек на плоскостях А. Пуанкаре, обусловленного силовым шумом процесса сверления, обеспечивает достаточно приемлемую скорость сходимости последовательности для многих практических случаев и тем самым позволяет использовать плоскость А. Пуанкаре для анализа радиальных отклонений сверла непосредственно во время процесса сверления с целью организации адаптивного управления процессом и предотвращения или снижения геометрических погрешностей отверстия.

Основные результаты в статье получены при финансовой поддержке РФФИ по проекту 07-09-90000.

Библиографический список

1. Троицкий Н.Д. Глубокое сверление / Н.Д. Троицкий. – Л.: Машиностроение, 1971. – 176 с.

2. Дечко Э.М. Сверление глубоких отверстий в сталях / Э.М. Дечко. – Минск.: Вышэйша шк., 1979. – 232 с.

3. Андронов А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Физматгиз, 1959. – 916 с.

4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных / Дж. Бендат, А. Пирсол; пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

Материал поступил в редакцию 08.11.10.

References

1. Troickii N.D. Glubokoe sverlenie / N.D. Troickii. – L.: Mashinostroenie, 1971. – 176 s. – In Russian.
2. Dechko E.M. Sverlenie glubokih otverstii v stalyah / E.M. Dechko. – Minsk.: Vysheisha shk., 1979. – 232 s. – In Russian.
3. Andronov A.A. Teoriya kolebanii / A.A. Andronov, A.A. Vitt, S.E. Haikin. – M.: Fizmatgiz, 1959. – 916 s. – In Russian.
4. Bendat Dj., Pirsol A. Prikladnoi analiz sluchainyh dannyh / Dj. Bendat, A. Pirsol; per. s angl. – M.: Mir, 1989. – 540 s. – In Russian.

V.S. BYKADOR

RADIAL DRILL DEVIATIONS DIAGNOSIS

Application of stroboscopic Poincare map for diagnosis of a radial drill deviation is considered.
Key words: *stroboscopic Poincare map, manufacturing activities diagnosis.*

УДК 519.248.6

ПРИМЕНЕНИЕ СТРОБОСКОПИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ПУАНКАРЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ УЗЛОВ СОПРЯЖЕНИЯ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ

М.В. ЧУВЕЙКО
(Донской государственный технический университет)

Рассмотрено применение стробоскопического отображения Пуанкаре для восстановления невозмущенной траектории движения динамической системы в случае возмущения в виде аддитивных помех амплитудного характера и при отсутствии априорных сведений о частоте восстанавливаемого сигнала.
Ключевые слова: *восстановление сигнала, средняя за период мощность, стробоскопическое отображение Пуанкаре.*

Введение. Большинство механических систем в своем составе имеют узлы, совершающие вращательные движения. При стационарном режиме функционирования (неизменные угловые частоты) данных узлов такой вид движения характерен тем, что координаты состояния таких систем являются периодическими функциями времени или пространственных перемещений. Факторы, вызывающие периодические вариации координат состояния, разнообразны. При обработке на металлорежущих станках – это разнообрабатываемость, вызывающая погрешности формы поперечного сечения. При рассмотрении качества роторных фрикционных систем – это развитие неравномерности износа по периоду вращения. К таким же эффектам приводит дисбаланс роторных систем. Эта особенность позволяет сделать вывод о том, что проявления возможных дефектов данных узлов также будет носить характер, близкий к периодическому. Таким образом, задача диагностики работоспособности системы может быть сведена к восстановлению периодических составляющих в выходном сигнале и анализе причастности тех или иных механизмов к их формированию.

Математическая модель роторной системы. Рассмотрим модель ротора, взаимодействующего со статором через трибосреду. Вращение данного ротора осуществляется посредством двигателя постоянного тока (рис.1).

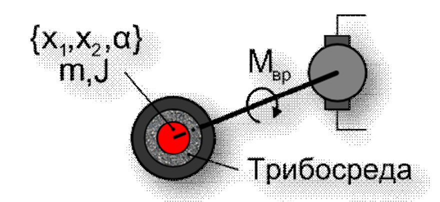


Рис.1. Модель рассматриваемой системы

Математическая модель данной системы в форме Коши может быть представлена в следующем виде:

$$
\begin{cases}
\dot{I} = \dfrac{\left(U - C_e\omega - IR_a\right)}{L_a} \\
\dot{\omega} = \dfrac{\left(IC_m - M\left(x_1, x_2, \alpha\right)\right)}{J} \\
\dot{\alpha} = \omega \\
\dot{v}_1 = \dfrac{\left(F_x\left(x_1, x_2, \alpha\right) - v_1 h\right)}{m} \\
\dot{v}_2 = \dfrac{\left(F_y\left(x_1, x_2, \alpha\right) - v_2 h\right)}{m} - g \\
\dot{x}_1 = v_1 \\
\dot{x}_2 = v_2
\end{cases},
$$

где C_e, C_m, R_a, L_a – параметры двигателя постоянного тока; h – коэффициент диссипации; g – ускорение свободного падения; α – угол поворота ротора относительно статора;

x_1, x_2 – координаты ротора относительно центра статора; $F_x(x_1, x_2, \alpha)$, $F_y(x_1, x_2, \alpha)$, $M(x_1, x_2, \alpha)$ – силы и момент, формируемые трибосредой при взаимодействии ротора со статором (см. ниже).

Силы и момент $F_x(x_1, x_2, \alpha)$, $F_y(x_1, x_2, \alpha)$, $M(x_1, x_2, \alpha)$ возникают в результате взаимодействия отдельных элементов поверхности ротора и статора. Причем степень взаимодействия зависит от взаимной удаленности этих поверхностей и скорости их движения друг относительно друга. Удельная сила взаимодействия может быть разложена на две составляющие: тангенциальную и нормальную. Функция, характеризующая зависимость удельной силы взаимодействия от взаимной удаленности, называется функцией сближения (рис.2).

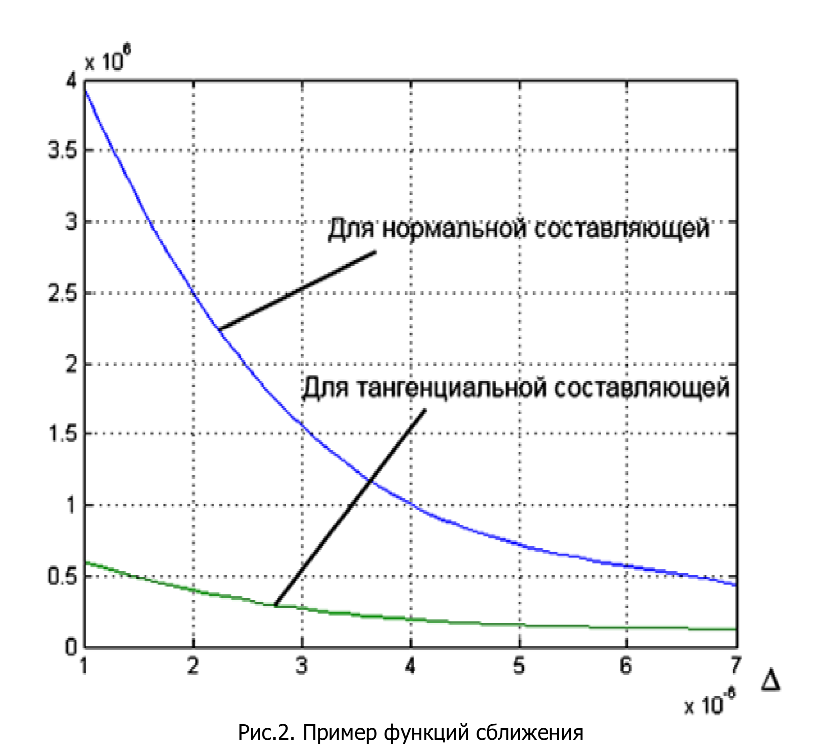


Рис.2. Пример функций сближения

Если аппроксимировать функцию сближения полиномом третьего порядка, то зависимость тангенциальной и нормальной составляющей удельных сил от взаимной удаленности Δ можно будет записать в следующем виде:

$$P_n(\Delta) = \sum_{r=0}^{3} \lambda_r^n \Delta; \qquad P_t(\Delta) = \sum_{r=0}^{3} \lambda_r^t \Delta.$$

После интегрирования по взаимодействующей поверхности могут быть получены значения: $F_x(x_1, x_2, \alpha)$; $F_y(x_1, x_2, \alpha)$, $M(x_1, x_2, \alpha)$. Для этого необходимо задать функцию $\Delta(\psi)$.

Дефекты статора и ротора могут быть представлены как периодические функции $f_1(\psi)$ и $f_2(\psi)$ соответственно (рис.3,*а*). Сдвиг ротора относительно центра обозначим как r_1. Совокупность $f_1(\psi)$, $f_2(\psi)$ и r_1 определяют функцию $\Delta(\psi)$.

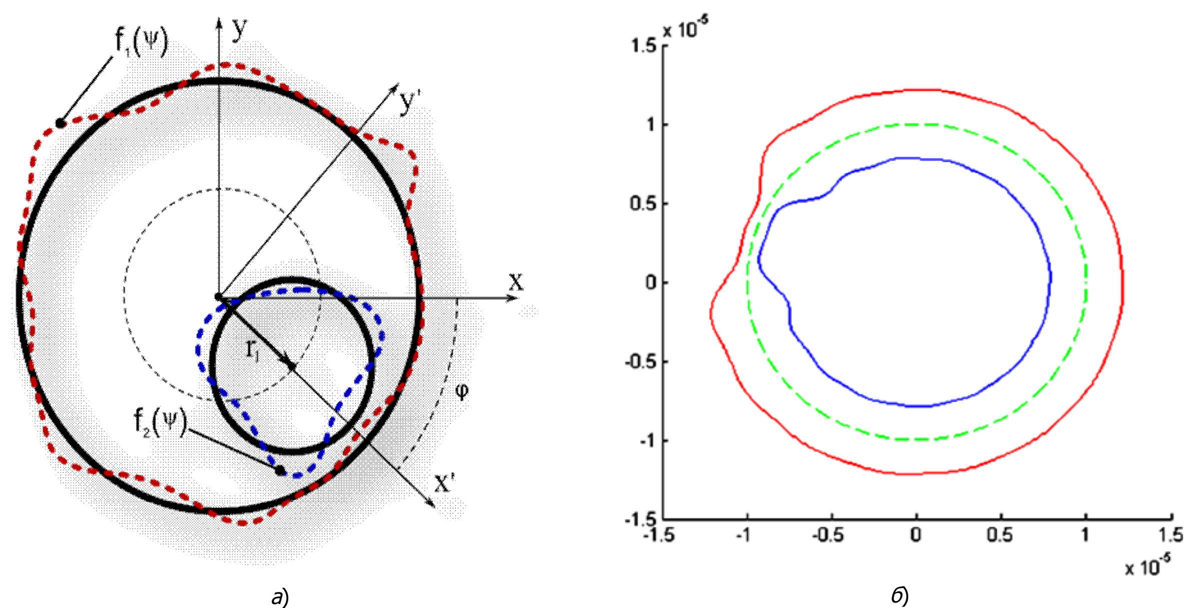


Рис. 3. Ротор и статор: *а* – общий случай; *б* – пример ротора и статора с дефектом в форме импульса

Функции $f_1(\psi)$ и $f_2(\psi)$ могут быть представлены в виде ряда Фурье в тригонометрической форме с коэффициентами разложения C''_k и C'_k соответственно.

Тогда с учетом вышесказанного силы будут:

$$F_x(x_1,x_2,\alpha)=\hat{F}_x\cos\phi-\hat{F}_y\sin\phi,$$
$$F_y(x_1,x_2,\alpha)=\hat{F}_x\sin\phi+\hat{F}_y\cos\phi,$$

где ϕ определяется по формуле:

$$\phi=\arctan\frac{x_1}{x_2},$$

а силы имеют вид:

$$\hat{F}_x=\pi r_0\left(\left(\lambda_1C_1+\lambda_1^*C_{-1}\right)+\sum_{i=-\infty}^{\infty}C_i\left(\lambda_2C_{1-i}+\lambda_2^*C_{-1-i}+\sum_{k=-\infty}^{\infty}C_k\left(\lambda_3C_{1-(i+k)}+\lambda_3^*C_{-1-(i+k)}\right)\right)\right);$$

$$\hat{F}_y=-j\pi r_0\left(\left(\lambda_1C_1-\lambda_1^*C_{-1}\right)+\sum_{i=-\infty}^{\infty}C_i\left(\lambda_2C_{1-i}-\lambda_2^*C_{-1-i}+\sum_{k=-\infty}^{\infty}C_k\left(\lambda_3C_{1-(i+k)}-\lambda_3^*C_{-1-(i+k)}\right)\right)\right),$$

где r_0 – радиус ротора.

Причем коэффициенты, входящие в формулы сил, могут быть найдены следующим образом:

$$\lambda_i=\lambda_i^n+j\lambda_i^t,$$
$$\lambda_i^*=\lambda_i^n-j\lambda_i^t,$$

$$C_k=\begin{cases}C'_k\,e^{jk(\alpha-\phi)}+C''_k\,e^{-jk\phi}, & k\neq\pm1;\\ C'_k\,e^{jk(\alpha-\phi)}+C''_k\,e^{-jk\phi}+\frac{r_1}{2}, & k=\pm1.\end{cases}$$

С учетом выше определенных коэффициентов момент сопротивления будет:

$$M(x_1,x_2,\alpha)=2j\pi r_0^2\left(\lambda_0^t+\lambda_1^tC_0+\sum_{i=-\infty}^{\infty}C_i\left(\lambda_2^tC_{-i}+\sum_{k=-\infty}^{\infty}C_k\lambda_3^tC_{-(i+k)}\right)\right).$$

Пример функционирования математической модели. Рассмотрим динамику системы для случая, когда дефект ротора и статора имеет форму импульса (рис.3,*б*). Результаты моделирования с учетом шумов, возникающих при измерении, приведены на рис.4,*а* и 4,*б*.

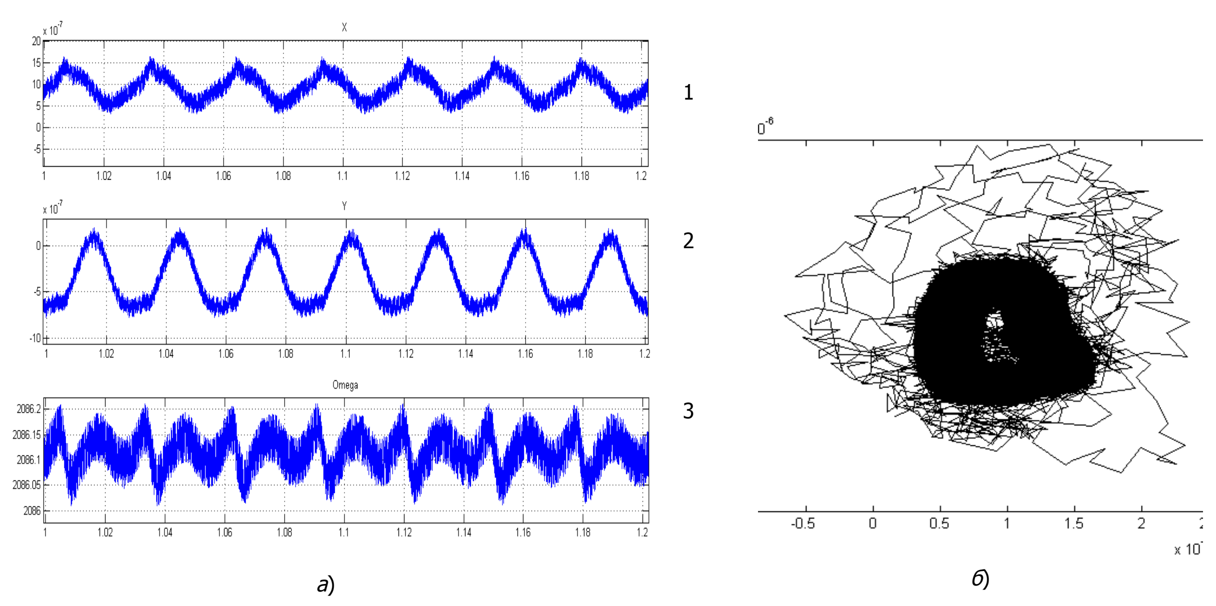


Рис.4. Результаты моделирования: *а* – *1* – колебания x_1, *2* – колебания x_2, *3* – колебания угловой частоты вращения; *б* – движение ротора в плоскости x_1x_2

Из рис.4,*б* видно, что анализ зашумленных результатов моделирования с целью диагностирования системы затруднителен. Поэтому необходима предварительная обработка данных.

Стробоскопическое отображение Пуанкаре. Стробоскопическое отображение Пуанкаре [1] для динамических систем, имеющих периодическое решение, определяется как:

$$x_{n+1} = F\left(x_n, T\right),$$

где T - период.

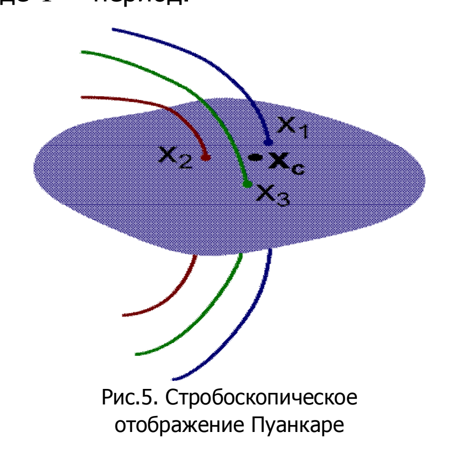


Рис.5. Стробоскопическое отображение Пуанкаре

Иначе говоря, формируется секущая плоскость в фазовом пространстве (рис. 5). Точки пересечения траектории движения с данной плоскостью (с некоторой ее локальной областью) образуют множество $X = \left\{x_1, x_2, \cdots, x_n\right\}$. Очевидно, что периодическое движение образует множество из одинаковых точек.

Воздействие внешних помех приводит к варьированию точек множества в окрестности точки невозмущенного движения. Для широкого класса случайных возмущений справедливо следующее утверждение:

$$x_c = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i,$$

где x_c – центральная точка этого множества, причем с ростом n центральная точка стремится к точке невозмущенного движения.

Таким образом, операция восстановления траектории невозмущенного движения может быть сведена к нахождению центральных точек при различных смещениях секущей плоскости

вдоль траектории движения динамической системы. Назовем это операцией усреднения. Определим операцию усреднения функции $F(t)$ с периодом τ следующим образом:

$$\hat{F}(t)=\lim_{n\to\infty}\sum_{k=0}^{n}\frac{F(t+k\tau)}{n+1}.$$

Для определения периода усреднения τ воспользуемся теоремой [2].

Теорема. Среди множества функций $\hat{F}(t)$, почти наверное, наибольшими и равными между собой значениями средней за период T мощности

$$\rho(\tau)=\frac{1}{T}\int_0^T \hat{F}(t)^2\,dt$$

обладают те и только те функции, для которых выполняется следующее равенство: $\tau=Tn$, где $n\in\mathrm{N}$.

Так как T неизвестно, можно использовать $T'>>T$. На рис.6 представлена зависимость средней мощности от периода усреднения.

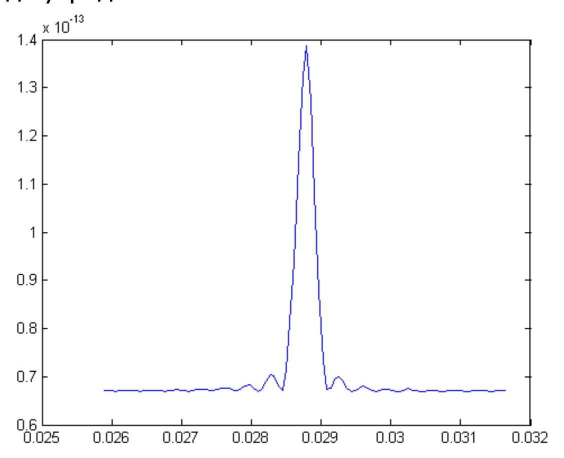
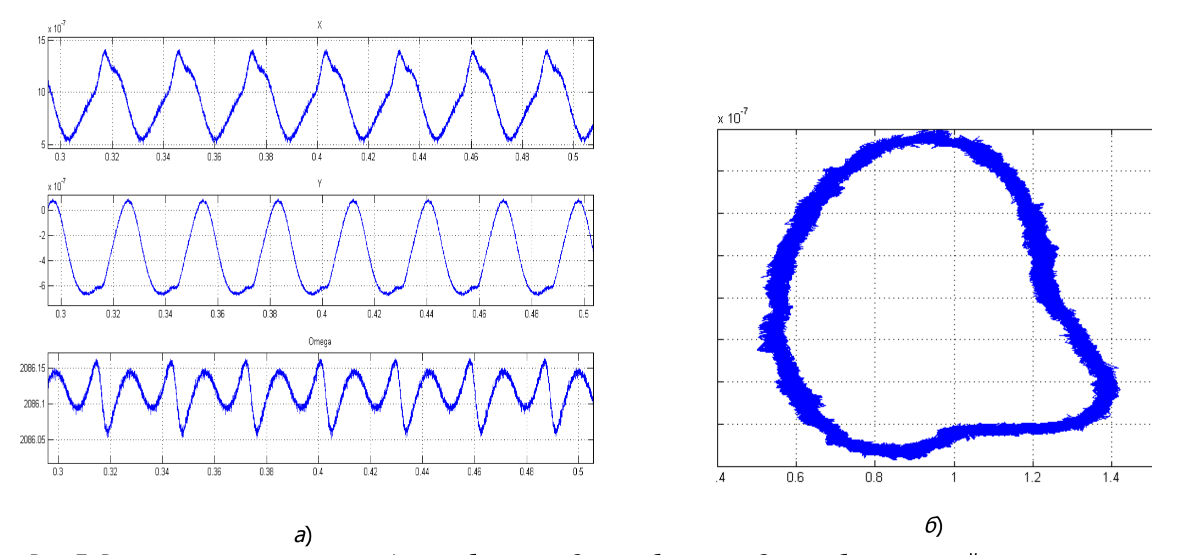


Рис.6. Зависимость средней мощности от периода усреднения

Применим операцию усреднения к ранее полученным результатам моделирования. На рис.7,*а* и *б* показаны восстановленные таким образом функции.



а) б)

Рис. 7. Результаты усреднения: *а* – *1* – колебания x_1, *2* – колебания x_2, *3* – колебания угловой частоты вращения; *б* – усредненная траектория движения ротора в плоскости $x_1\ x_2$

Выводы. Построенная модель роторной системы позволяет анализировать влияние пространственных неоднородностей узлов сопряжения на траекторию движения системы в фазовом пространстве, что в свою очередь, в также оценить отображение пространственной анизотропии на наблюдаемые (посредством датчиков виброакустической эмиссии или датчиков угла поворота) параметры движения, такие как, например, угловую частоту. Кроме того, предложенный алгоритм восстановления, основанный на стробоскопическом отображении Пуанкаре, позволяет выделять периодические составляющие в наблюдаемых параметрах, несущие информацию о дефектах узлов сопряжения. Это имеет важные значения: для обеспечения качества обработки деталей на металлорежущих станках и для виброакустической диагностики развивающихся по пространству дефектов в роторных системах (например турбинах).

Библиографический список

1. Андронов А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М.: Физ. мат. лит., 1959.

2. Чувейко М.В. Алгоритм восстановления периодизированного сигнала в роторных системах / М.В. Чувейко // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2007. – Т.7, №4(35). – С.377-383.

Материал поступил в редакцию 15.11.10.

References

1. Andronov A.A. Teoriya kolebanii / A.A. Andronov, A.A. Vitt, S.E. Haikin. – M.: Fiz. mat. lit., 1959. – In Russian.

2. Chuveiko M.V. Algoritm vosstanovleniya periodizirovannogo signala v rotornyh sistemah / M.V. Chuveiko // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2007. – T.7, №4(35). – S.377-383. – In Russian.

M.V. CHUVEYKO

APPLICATION OF STROBOSCOPIC POINCARE MAP FOR ROTOR SYSTEM INTERFACE NODE DEFECTS DIAGNOSIS

The application of stroboscopic Poincare map for the recovery of normal path of dynamic system motion in case of peak additive disturbance and in absence of a priori data on frequency of restorable signal is considered.

Key words: *signal restoration, average for the period capacity, Poincare stroboscopic map.*

УДК 621.527

ХАРАКТЕРИСТИКИ И РАСЧЕТ ЭЖЕКЦИОННОГО ПНЕВМОЗАТВОРА

Е.К. СПИРИДОНОВ, Е.А. ГРИШИНА, А.В. ПОДЗЕРКО
(Южно-Уральский государственный университет)

Представлена расчетная модель и даны основные характеристики энерционного пневмозатвора. Разработан метод выбора пневмозатвора с минимальным энергопотреблением.
Ключевые слова: *пневмозатвор, газодинамика, струйные течения, эжекционные аппараты, характеристики, расчет параметров.*

Введение. На многих предприятиях остро стоит экологическая проблема токсичных выбросов продуктов реакций в окружающую среду. Одним из способов решения проблемы может являться использование пневматических запирающих устройств (пневмозатворов), обладающих высокой надежностью и производительностью.

Основная часть. На рис.1 приведена схема типового реактора с боковой загрузкой твердого сыпучего вещества. Избыточное давление, возникающее в реакторе в процессе работы, способствует появлению вредных выбросов в окружающую среду через канал загрузки. Установка пневмозатвора на узле загрузки позволит предотвратить вынос вредных газов в помещение цеха [1].

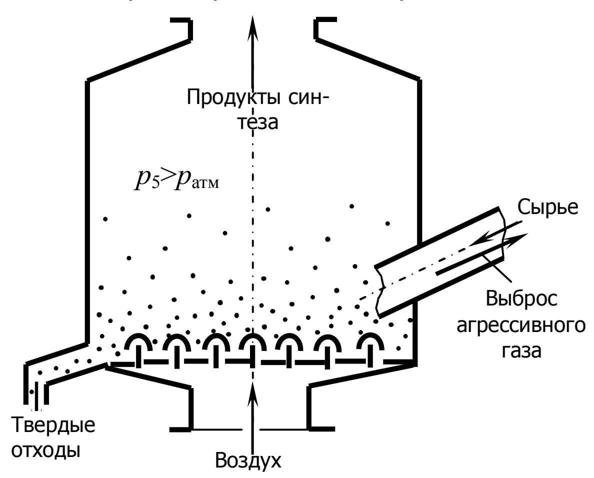


Рис. 1. Печь с противодавлением

В данной статье представлены расчетная модель и основные характеристики эжекционного пневмозатвора. В качестве исходной была принята схема газового струйного аппарата с центральным сверхзвуковым соплом (рис.2). Основным параметрам потока (абсолютные давление p и температура T, плотность ρ, средняя скорость потока V, площадь A) присваиваются индексы, соответствующие номеру сечения на рис.2.

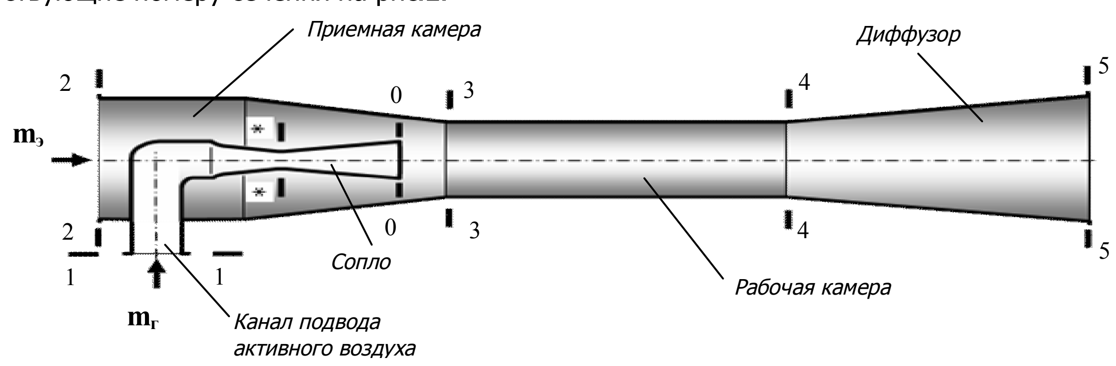


Рис.2. Расчетная схема эжекционного пневмозатвора

В зависимости от противодавления в реакторе p_5 возможны различные режимы работы пневмозатвора [1]. В качестве расчетного был принят режим, при котором противодавление со стороны рабочей камеры достигает предельного значения ($p_5 = p_{пр}$), эжектирование газа со стороны патрубка загрузки прекращается, и поступление сырья в реактор осуществляется под действием силы тяжести. На этом режиме перепад давлений, развиваемый аппаратом, достигает максимального значения. Преобразуя типовую характеристику газового инжектора [2] в соответствии с указанными условиями, получаем:

$$\frac{p_5 - p_2}{p_2} = \frac{\Delta p_{52}}{p_2} = k\Pi_* \Omega_* \frac{p_1}{p_2}\left[\varphi_0\varphi_3\lambda_0 - \varepsilon_*\left(\frac{1}{\varphi_4} - 0{,}5\right)\Omega_* \frac{v_5}{v_1}\right]. \quad (1)$$

В этом выражении относительная площадь горловины сопла $\Omega_* = A_*/A_3$ – основной геометрический параметр эжекционного пневмозатвора; φ_0, φ_3 и φ_4 – коэффициенты скорости сопла, рабочей камеры и диффузора (при гидравлически совершенном исполнении элементов проточной части φ_0=0,95; φ_3=0,875; φ_4=0,81); Π_*, ε_* – критические значения газодинамических функций давления и плотности; k – постоянная адиабаты. Для воздуха Π_* = 0,528; ε_*=0,634, k=1,4.

Удельный массовый расход активного воздуха в расчете на единицу площади смесительной камеры в соответствии с уравнением неразрывности [2] имеет вид:

$$\frac{m_1}{A_3} = \frac{k\Pi_*}{V_*}\Omega_* p_1, \quad (2)$$

где критическая скорость газового потока:

$$V_* = \sqrt{\frac{2kRT_1}{k+1}}. \quad (3)$$

Подставляя в уравнения (1) и (2) числовые значения коэффициентов скорости φ, постоянной адиабаты k, газодинамических функций ε_* и Π_*, принимая во внимание уравнение состояния совершенного газа и формулу (3), получаем после преобразования систему уравнений:

$$0{,}615\,\Omega_*\lambda_0 \frac{p_1}{p_2} - 0{,}344\,\Omega_*^2 \frac{p_1^2}{p_2 p_5}\frac{T_5}{T_1} - \frac{p_5 - p_2}{p_2} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{m_1}{A_3} = 0{,}04\frac{\Omega_* p_1}{\sqrt{T_1}}. \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) являются аналитическим выражением характеристики эжекторного пневмозатвора, устанавливающим зависимость относительной площади горловины сопла Ω_* и удельного расхода воздуха m_1/A_3 от абсолютных давления в приемной камере пневмозатвора p_2, противодавления p_5 и температуры активного воздуха T_1.

Некоторые результаты расчетов по уравнениям (4) и (5) представлены на рис.3 в виде графиков зависимости массового расхода активного воздуха m_1 от температуры перед соплом T_1 при различных площадях горловины сопла A_* и давлениях питания p_1. При этом в качестве расчетных были приняты следующие условия работы пневмозатвора: диаметр смесительной камеры (загрузочной трубы) D_3 = 300 мм; максимальное абсолютное давление на выходе аппарата p_5=115 кПа; абсолютное давление в приемной камере p_2=100 кПа.

Из графиков видно, что с увеличением температуры воздуха перед соплом T_1 существенно снижаются массовые расходы эжектора m_1 и, следовательно, повышается экономичность пневмозатвора. Таким образом, целесообразно использовать энергию тепла, выделяющегося в реакторе. Это позволяет конструктивная схема аппарата, приведенная на рис. 4 [3]. Особенностью данной конструкции является подвод активного газа со стороны реактора через кольцевой зазор между

корпусом и камерой смешения с одновременным подогревом. Кроме того, кольцевой подвод активного газа снижает износ проточной части аппарата твердой фракцией эжектируемой смеси.

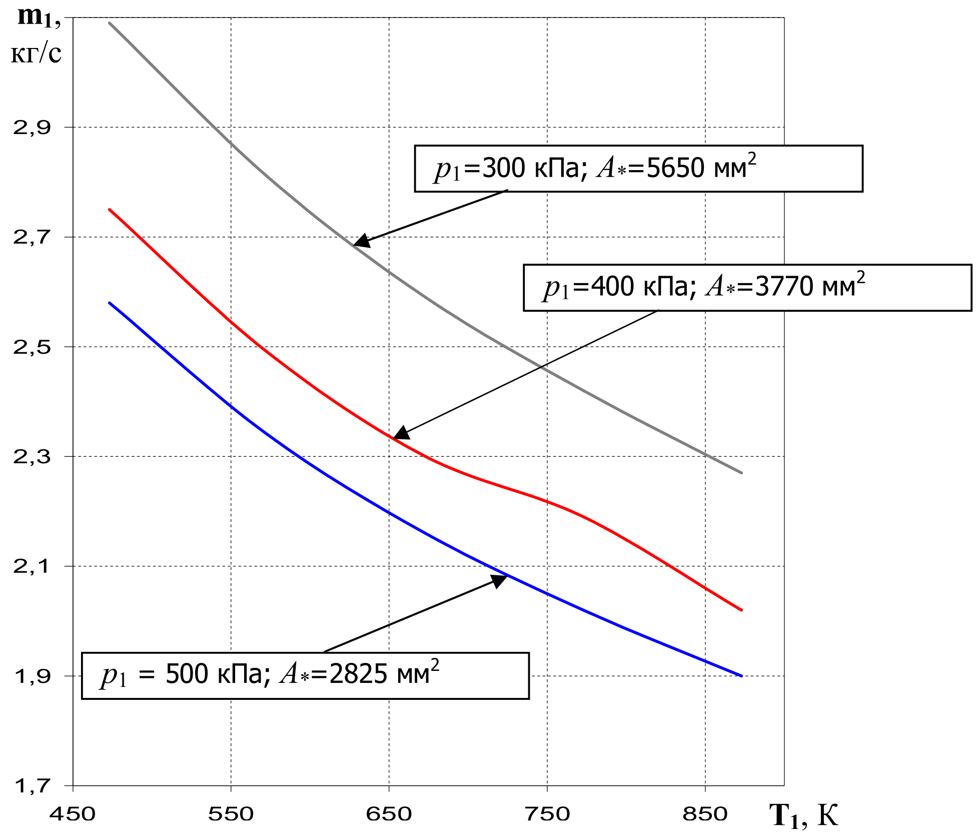


Рис.3. Зависимость массового расхода активного воздуха от температуры

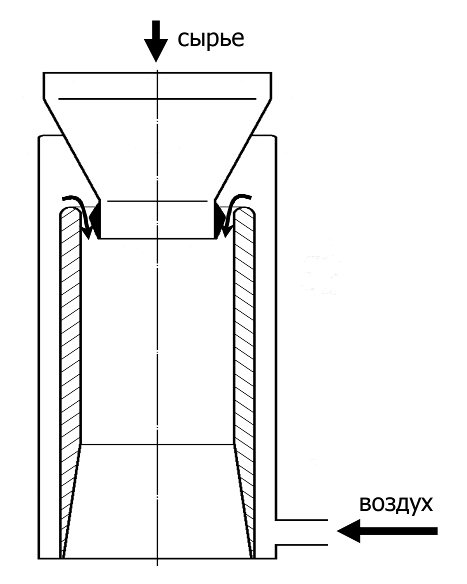


Рис.4. Эжекционный пневмозатвор с кольцевым соплом (пат. № 90547)

Исследование удобнее проводить, используя безразмерные характеристики, а к размерным параметрам переходить на этапе профилирования проточной части аппарата.

Для получения безразмерной характеристики введем следующие параметры: $\varepsilon_{12}=p_1/p_2$ – степень падения давления на сопловом устройстве; $\varepsilon_{52}=p_5/p_2$ – степень повышения давления пассивного потока; $\Psi_T=T_5/T_1$ – соотношение температур.

После подстановки в уравнение (4) получаем:

$$0{,}615\Omega_*\lambda_0\varepsilon_{12}-0{,}344\Omega_*^2\frac{\varepsilon_{12}^2}{\varepsilon_{52}}\Psi_T-\varepsilon_{52}+1=0\,. \qquad (6)$$

Результаты расчета относительной площади сопла Ω_* для воздуха (k=1,4; R=287 Дж/кг·К) при одинаковых температурах активного газа и смеси в реакторе (Ψ_T =1), различных значениях степени падения давления на сопловом устройстве ε_{12} и степени повышения давления пассивного потока ε_{52} показаны в виде семейства кривых на рис.5.

Влияние соотношения температур смеси в реакторе и активного газа на зависимость относительной площади сопла Ω_* от степени падения давления ε_{12} при различных значениях ε_{52} пока-

зано на рис.6. При этом в каждой группе графиков (при одинаковом ε_{52}) нижняя линия соответствует значению Ψ_T=1, средняя линия – Ψ_T=2, а верхняя – Ψ_T=3.

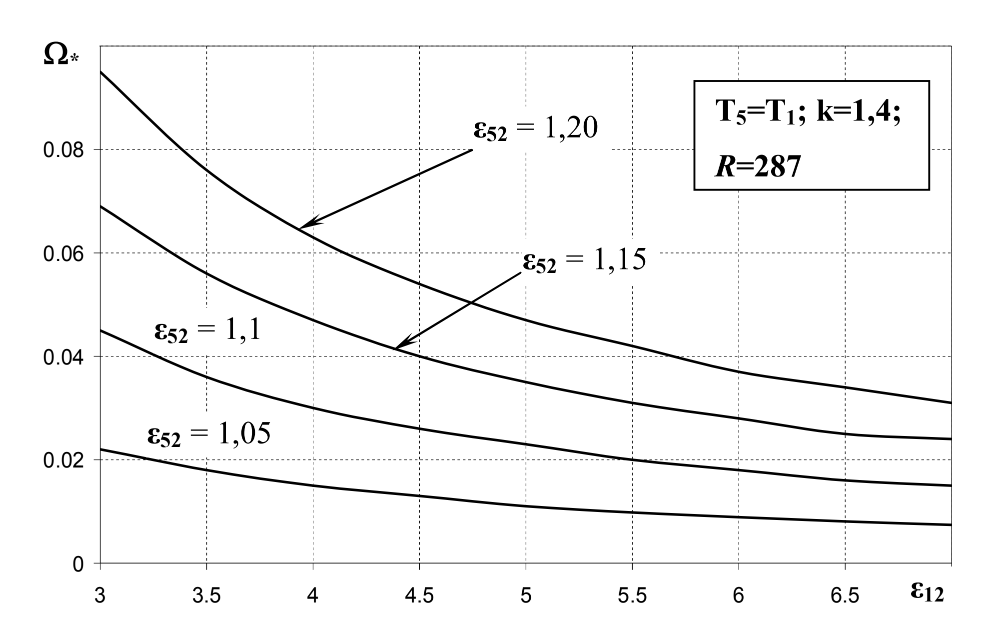


Рис. 5. Влияние противодавления на безразмерную характеристику пневмозатвора

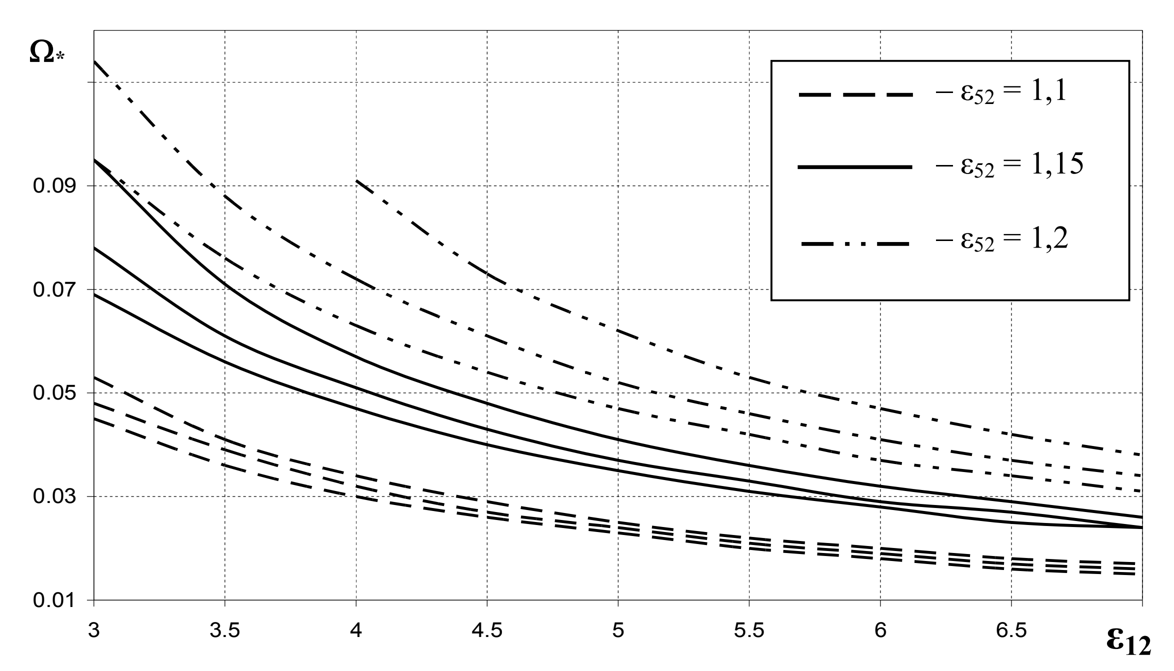


Рис.6. Влияние относительной температуры активного воздуха на характеристику пневмозатвора при нескольких ε_{52}

Из графиков на рис.6 видно, что при постоянном падении давления на сопловом устройстве ε_{12} повышение температуры T_5 в реакторе вызывает увеличение площади проходного сечения горловины сверхзвукового сопла A_*, что можно объяснить бо́льшим потребным расходом активного воздуха.

Вместе с тем при постоянных размерах элементов проточной части (площади горловины сопла A_* и площади смесительной камеры A_3) увеличение температуры в реакторе T_5 требует повышения давления питания p_1.

Вышеприведенные зависимости могут служить основой для расчета ключевых геометрических показателей струйного пневмозатвора. Используя параметры воздуха в линии питания p_1, T_1 и газа в реакторе p_5, T_5 в качестве исходных, на основании уравнений (4)–(6) и графиков на рис.5 и 6 можно аналитическим или графическим путем рассчитать относительную площадь сопла. Приняв в первом приближении диаметр смесительной камеры D_3 равным диаметру патрубка загрузки, можно рассчитать площадь критического сечения сверхзвукового сопла. Далее определяются величина массового расхода активного газа m_1, а также площадь выходного сечения сверхзвукового сопла A_0 (с использованием газодинамических функций). Осевые размеры основных элементов пневмозатвора (сопла, камеры смешения, диффузора) определяются по традиционным методикам для газовых эжекторов [2, 4, 5].

В качестве примера рассмотрим исходные параметры, соответствующие условиям работы типового химического реактора: диаметр загрузочной трубы, равный диаметру смесительной камеры, D_3=300 мм, максимальное абсолютное давление в реакторе p_5=115 кПа, барометрическое давление в помещении цеха p_2=100 кПа.

Результаты расчета массового расхода активного воздуха m_1 и площади горловины сопла A_* при нескольких давлениях питания p_1 и температуре T_1=673 К активного воздуха перед соплом пневмозатвора представлены в таблице.

Результаты расчета массового расхода воздуха перед соплом пневмозатвора

Давление питания p_1, кПа	Площадь критического сечения сопла A_*, мм^2	Массовый расход воздуха m_1, кг/с
300	5650	2,59
400	3770	2,30
500	2825	2,16

Из таблицы видно, что с увеличением температуры воздуха перед соплом T_1 существенно снижаются потребные массовые расходы воздуха m_1 и, следовательно, повышается экономичность пневмозатвора. Таким образом, очевидна целесообразность утилизации тепла, выделяющегося в печи при сгорании сырья.

Выводы. Предложена оригинальная конструктивная схема пневмозатвора – устройства, предотвращающего выбросы агрессивных газов из реакторов в окружающую среду. Рассчитаны и проанализированы характеристики пневмозатвора эжекционного типа, устанавливающие зависимость основных размеров устройства от режимных параметров.

Библиографический список

1. Гришина Е.А. Рабочий процесс и конструкции эжекционного пневмозатвора / Е.А. Гришина, Е.К. Спиридонов, А.В. Подзерко // Динамика машин и рабочих процессов: сб. докл. всерос. науч.-техн. конф. – 2009. – С.41-46.

2. Соколов Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

3. Пат. 90547 RU, МПК F27B 15/08. Эжекционный пневмозатвор устройства для загрузки сыпучих материалов / Е.К. Спиридонов, Е.А. Гришина, А.В. Подзерко. – №2009136364/22; заявл. 30.09.2009; опубл. 10.01.2010. Бюл. №1. – 2 с.

4. Успенский В.А. Струйные вакуумные насосы / В.А. Успенский, Ю.М. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.

5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика: в 2 ч. Ч.1. Учеб. руководство для втузов / Г.Н. Абрамович. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука: Гл. ред. физ-мат. лит., 1991. – 600 с.

Материал поступил в редакцию 11.11.10.

References

1. Grishina E.A. Rabochii process i konstrukcii ejekcionnogo pnevmozatvora / E.A. Grishina, E.K. Spiridonov, A.V. Podzerko // Dinamika mashin i rabochih processov: sb. dokl. vseros. nauch.-tehn. konf. – 2009. – S.41-46. – In Russian.

2. Sokolov E.Ya. Struinye apparaty / E.Ya. Sokolov, N.M. Zinger. – 3-e izd., pererab. – M.: Energoatomizdat, 1989. – 352 s. – In Russian.

3. Pat. 90547 RU, MPK F27B 15/08. Ejekcionnyi pnevmozatvor ustroistva dlya zagruzki sypuchih materialov / E.K. Spiridonov, E.A. Grishina, A.V. Podzerko. – №2009136364/22; zayavl. 30.09.2009; opubl. 10.01.2010. Byul. №1. – 2 s. – In Russian.

4. Uspenskii V.A. Struinye vakuumnye nasosy / V.A. Uspenskii, Yu.M. Kuznecov. – M.: Mashinostroenie, 1973. – 144 s. – In Russian.

5. Abramovich G.N. Prikladnaya gazovaya dinamika: v 2 ch. Ch.1. Ucheb. rukovodstvo dlya vtuzov / G.N. Abramovich. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Nauka: Gl. red. fiz-mat. lit., 1991. – 600 s. – In Russian.

E.K. SPIRIDONOV, E.A. GRISHINA, A.V. PODZERKO

EJECTION PRESSURE LOCK CHARACTERISTICS AND CALCULATION

A design model and general properties of the ejection pressure lock are offered. A selection method of the pressure lock with the lowest power consumption is developed.

Key words: *pressure lock, gas dynamics, jet flows, ejection devices, characteristics, parameter calculation.*

УДК 621.825.54

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ ПАРАМИ ТРЕНИЯ

А.Е. ФОКИН, М.Д. ГАВРИЛЕНКО, М.П. ШИШКАРЕВ
(Институт энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета)

На основе анализа многодисковой адаптивной фрикционной муфты конструкции Н.Д. Вернера была решена задача повышения точности срабатывания муфты без внесения существенных изменений в ее конструкцию.
Ключевые слова: *адаптивная фрикционная муфта, обратная связь, коэффициент усиления, коэффициент трения.*

Введение. Адаптивные фрикционные муфты (АФМ) оснащены одним или двумя устройствами обратной связи, что позволяет автоматически регулировать величину силы прижатия друг к другу пар трения в зависимости от изменяющегося в процессе эксплуатации значения коэффициента трения [1, 2]. Это повышает стабильность вращающего момента муфты при возникающих перегрузках [3]. Таким образом, АФМ обеспечивают более эффективную, чем предохранительные муфты обычной точности срабатывания других типов [4], защиту элементов привода машин от перегрузок и последующих разрушений.

Базовой моделью АФМ является муфта Н.Д. Вернера [4], в конструкции которой был впервые реализован принцип автоматического регулирования с помощью управляющего устройства (УУ) отрицательной обратной связи [5]. По конструктивно–компоновочной схеме муфта выполнена с дифференцированными (разделенными) парами трения фрикционной группы [4]. Принцип дифференциации заключается в том, что часть полного вращающего момента муфты передается между полумуфтами непосредственно парами трения, остальная часть – комбинированным способом, за счет чувствительных элементов УУ и сил трения, возникающих между фрикционными дисками.

Известные конструкции и проведенные исследования АФМ данного типа предполагают выполнение всех пар трения в виде одинакового сочетания фрикционных материалов [4].

Если применить в составе АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения различные сочетания материалов для ведущих и ведомых пар трения, то можно предположить влияние ведомой фрикционной группы на величину распорной силы и, в конечном счете, на точность срабатывания муфты. Данное предположение основано на том, что триботехнические характеристики неодинаковых сочетаний материалов пар трения – расчетное значение коэффициента трения, характер и величина его изменения (как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения) также неодинаковы.

Решение задачи. Объект исследования – АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения – показан на рис.1.

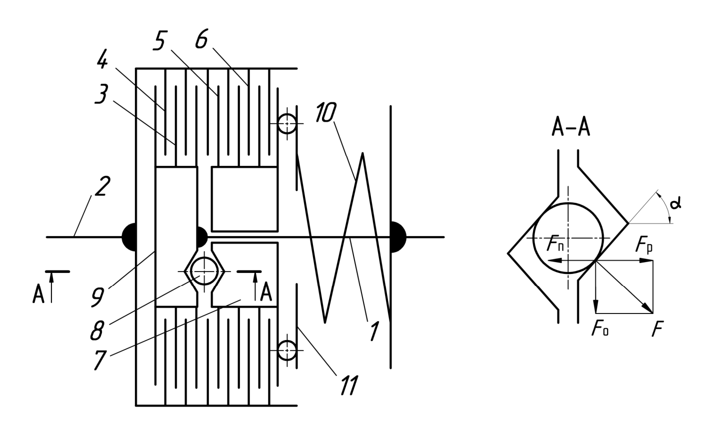


Рис.1. Принципиальная схема АФМ первого поколения

Полумуфты 1 и 2 связаны между собой пакетом фрикционных дисков 3–6. Диски 5 соединены со ступицей нажимного диска 7 и имеют возможность перемещения относительно него в осевом направлении. Нажимной диск лишен кинематической связи с полумуфтой 1 в окружном направлении. Диски 4 и 6 соединены аналогичным способом с барабаном полумуфты 2.

УУ обратной связи состоит из тел качения 8, которые размещены в гнездах переменной глубины, выполненных в нажимном диске 7 и в упорном диске 9, жестко закрепленном на ступице полумуфты 1 (см. рис.1, сечение А–А).

Силовое замыкание пакета дисков 3–6 осуществляется нажимной пружиной 10, поставленной в муфту с предварительным натяжением. Сила отдачи пружины передается на нажимной диск посредством упорного подшипника 11, что позволяет снизить силу трения между пружиной и нажимным диском.

Первоначальный крутящий момент, недостаточный для возбуждения задающего воздействия (распорной силы) в УУ, АФМ передает с помощью ведущей фрикционной группы 3–4 в режиме работы предохранительной фрикционной муфты обычной точности срабатывания. При росте нагрузки упорный диск 9 и фрикционные диски 3 сместятся относительно нажимного диска 7 и фрикционных дисков 5 на некоторый угол до тех пор, пока не произойдет заклинивание распорных элементов 8 между стенками гнезд. В передаче вращающего момента начнет участвовать ведомая фрикционная группа, в результате чего возникнет распорная сила $F_{\text{Р}}$ (см. рис. 1, сечение А-А), которая ослабляет действие пружины 10 и регулирует момент трения между фрикционными дисками. Муфта начнет работать в адаптивном режиме.

Пропорционально увеличению нагрузки и величины коэффициента трения будет расти распорная сила. Этот процесс протекает до тех пор, пока сила нормального давления между поверхностями трения станет недостаточной для возбуждения момента трения, и АФМ начнет буксовать.

Согласно поставленному условию, рассматриваемая АФМ выполнена в многодисковом исполнении как ведущей фрикционной группы, представленной упорным диском 9 и фрикционными дисками 3 и 4, так и ведомой фрикционной группы, состоящей из нажимного диска 7 и фрикционных дисков 5 и 6. Пары трения ведущей и ведомой фрикционной группы выполнены из материалов с различными средними коэффициентами трения и с различным характером их изменения при эксплуатации. В соответствии с этим при исследовании будем рассматривать две автономные фрикционные группы с обособленными характеристиками.

Суммарный вращающий момент T, передаваемый муфтой, складывается из моментов ведущей и ведомой фрикционных групп:

$$T=T_1+T_2, \tag{1}$$

где T_1 – момент, передаваемый ведущей фрикционной группой; T_2 – момент, передаваемый ведомой фрикционной группой.

Момент T_1 определяется по формуле:

$$T_1=R_{\text{ср}}f_1z_1N, \tag{2}$$

где N – величина нормального давления между фрикционными дисками; $R_{\text{ср}}$ – средний радиус поверхностей трения фрикционных дисков; f_1 – коэффициент трения между парами ведущей фрикционной группы; z_1 – число пар трения ведущей фрикционной группы.

Величина силы нормального давления между фрикционными дисками равна:

$$N=F_{\text{П}}-F_{\text{Р}}, \tag{3}$$

где $F_{\text{П}}$ – сила натяжения пружины; $F_{\text{Р}}$ – распорная (отжимная) сила, возникающая между телами качения 8, нажимным 7 и упорным 9 дисками.

Подставим правую часть выражения (3) в формулу (2), в результате чего получим:

$$T_1=R_{\text{ср}}f_1z_1(F_{\text{П}}-F_{\text{Р}}). \tag{4}$$

Так как момент, поступающий на ведомую фрикционную группу от ведущей фрикционной группы, передается с помощью механизма УУ, то можно записать:

$$T_2 = F_о r, \tag{5}$$

где $F_о$ – окружная сила, возникающая на распорных элементах 8 (см. рис.1, сечение А-А); r – радиус окружности, на которой расположены тела качения.

Момент T_2, который способна передать ведомая фрикционная группа, определяется по формуле:

$$T_2 = R_{ср} f_2 z_2 (F_П - F_Р), \tag{6}$$

где z_2 – число пар поверхностей трения ведомой фрикционной группы; f_2 – коэффициент трения между парами ведомой фрикционной группы.

Для того чтобы ведомая фрикционная группа передавала момент, должно выполняться условие равновесия между моментом, передаваемым УУ, и моментом, который способна передать ведомая фрикционная группа, т.е.

$$F_о r = R_{ср} f_2 z_2 (F_П - F_Р). \tag{7}$$

Подставим выражения (4) и (5) в соотношение (1), в результате чего получим:

$$T = R_{ср} f_1 z_1 (F_П - F_Р) + F_о r. \tag{8}$$

Подставим выражение (7) в соотношение (1). После преобразования получим выражение для вращающего момента АФМ:

$$T = R_{ср} (f_1 z_1 + f_2 z_2)(F_П - F_Р). \tag{9}$$

Из схемы действия сил, показанной на рис.1, найдем:

$$F_о = \frac{F_Р}{\mathrm{tg}\alpha}, \tag{10}$$

где α – угол наклона стенок гнезд переменной глубины.

Подставив правую часть соотношения (10) в (7) и решив составленное уравнение относительно неизвестного члена $F_Р$, получим:

$$F_Р = z_2 F_П \frac{f_2}{1 + z_2 C f_2}, \tag{11}$$

где C – коэффициент усиления (КУ) обратной связи:

$$C = \frac{R_{ср}}{r} \mathrm{tg}\alpha \cdot$$

Подставим выражение (11) в формулу (9). После преобразования получим:

$$T = F_П R_{ср} \frac{z_1 f_1 + z_2 f_2}{1 + z_2 C f_2}. \tag{12}$$

Структура формулы (12) сходна со структурой формулы для вычисления величины вращающего момента АФМ с одинаковым сочетанием материалов всех пар трения [4]:

$$T_п = z F_п R_{ср} \frac{f}{1 + (z-1) C f}, \tag{13}$$

где z – общее число пар трения фрикционной группы; f – коэффициент трения между фрикционными парами указанного варианта АФМ.

Точность срабатывания АФМ характеризуется коэффициентом точности $K_т$, который вычисляется как отношение максимальной величины вращающего момента, при котором может сработать муфта, к минимальной величине вращающего момента [4]. Максимальный и минимальный вращающие моменты соответствуют максимальному и минимальному значениям коэффициента трения. На основании этого и с учетом формулы (12) запишем:

$$K_т = \frac{(z_1 f_{1\max} + z_2 f_{2\max})(1 + z_2 C f_{2\min})}{(z_1 f_{1\min} + z_2 f_{2\min})(1 + z_2 C f_{2\max})}, \tag{14}$$

где $f_{1,2\min}$, $f_{1,2\max}$ – соответственно минимальное и максимальное значения, которые в различные периоды времени может принимать коэффициент трения соответственно для пар трения ведущей и ведомой фрикционных групп.

При исследовании в качестве рабочей гипотезы примем предположение о том, что вектор изменения величин коэффициентов трения f_1 и f_2 одинаков в результате воздействия на пары трения различных случайных факторов [7].

Поскольку, согласно поставленному условию, средние значения коэффициентов трения f_1 и f_2 неодинаковы, будем считать, что и величины однонаправленных изменений их под воздействием одних и тех же случайных факторов неодинаковы. Будем считать, что ведущие и ведомые пары трения АФМ работают в одинаковых условиях.

Поскольку различные сочетания материалов пар трения неодинаково реагируют на изменение условий эксплуатации и связанное с этим действие случайных факторов, вызывающих соответствующее изменение величины коэффициента трения относительно его исходного значения, рассмотрим следующие возможные случаи:

– средний коэффициент трения ведущих пар больше, чем средний коэффициент трения ведомых пар;

– средний коэффициент трения ведомых пар больше, чем средний коэффициент трения ведущих пар;

– увеличение коэффициента трения ведущих пар больше, чем увеличение коэффициента трения ведомых пар;

– увеличение коэффициента трения ведущих пар меньше, чем увеличение коэффициента трения ведомых пар.

При наступлении каждого из перечисленных случаев в отдельности соотношение предельных величин вращающих моментов, передаваемых ведущими и ведомыми парами трения, будет изменяться. Поскольку, согласно соотношению (6), величина силы $F_{\text{р}}$ зависит от величины вращающего момента, передаваемого ведомыми парами трения, и влияет на точность срабатывания АФМ, в указанных случаях, очевидно, произойдет изменение точности срабатывания муфты.

Исследуем, в связи с этим, влияние различных соотношений величин коэффициентов трения, которые они могут принимать для ведущих и ведомых пар трения в отдельности, на точность срабатывания АФМ. Для этого введем коэффициент, характеризующий отношение величин коэффициентов трения $f_{1\max}$ и $f_{2\max}$, т.е.

$$n = \frac{f_{2\max}}{f_{1\max}}. \tag{15}$$

Необходимо отметить, что различные сочетания материалов пар трения дают различные значения минимального коэффициента трения. В соответствии с этим введем коэффициент, выражающий отношение величин коэффициентов трения $f_{1\min}$ и $f_{2\min}$, т.е.

$$p = \frac{f_{2\min}}{f_{1\min}}. \tag{16}$$

Разделим числитель и знаменатель в соотношении (14) на $f_{1\max}$ и на $f_{1\min}$. В результате получаем, учитывая соотношения (15) и (16):

$$K_{\text{т}} = \frac{(z_1 + z_2 n)(1 + z_2 C p f_{1\min}) m}{(z_1 + z_2 p)(1 + z_2 C n f_{1\max})}, \tag{17}$$

где $m = f_{1\max} / f_{1\min}$ – ширина интервала изменения величины коэффициента трения ведущих пар.

Коэффициенты n и p – параметры переменные, поскольку переменными считаем параметры $f_{1\min}$, $f_{1\max}$, $f_{2\min}$ и $f_{2\max}$. Коэффициент m – величина также переменная. Данное условие принято в связи с тем, что рассматриваются различные сочетания материалов пар трения как для ведущих, так и для ведомых пар трения. Для конкретных сочетаний материалов ведущих и ведомых пар трения величины указанных коэффициентов трения остаются постоянными.

Аналитический метод исследования функции (17) с помощью определения условий существования ее минимума и убывания функции не дает возможности оценить величину коэффициента точности АФМ по сравнению с величиной коэффициента точности муфты, имеющей одинаковую величину коэффициента трения для всех фрикционных пар. В связи с этим используем графический способ, выбрав в качестве аргумента коэффициент n. Указанный выбор объясняется тем, что данный коэффициент характеризует изменение величины коэффициента трения между парами ведомой фрикционной группы. За счет последней формируется распорная сила УУ обратной связи, от которой зависит точность срабатывания АФМ.

Коэффициенты p и m в соотношении (17) будем считать вспомогательными аргументами, в меньшей степени влияющими на точность срабатывания АФМ, как показывает соотношение (16). Эти коэффициенты понадобятся для построения графиков функции (17) при их соответствующих значениях для оценки влияния последних на точность срабатывания АФМ.

Графики функции $K_т(n)$, построенные по соотношению (17), приведены на рис. 2. Кривая 1 построена при $f_{1\min}$=0,1, $f_{1\max}$=0,6, m=6, кривая 2 – при $f_{1\min}$=0,14, $f_{1\max}$=0,7, m=5, кривая 3 – при $f_{1\min}$=0,16, $f_{1\max}$=0,7, m=4,375, прямая 4 – при $f_{1\min}$=0,16, $f_{1\max}$=0,8, m=5. Прямая 5 отражает точность срабатывания АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения и с одинаковыми коэффициентами трения всех пар фрикционной группы, и приведена для сравнения.

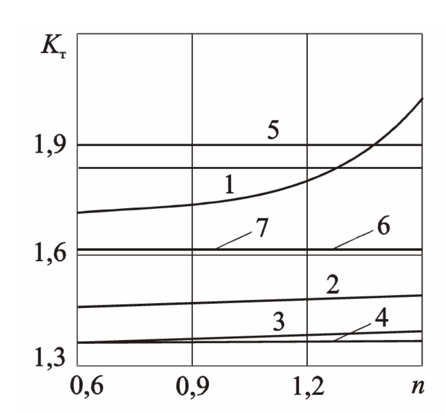


Рис.2. Графики зависимостей $K_{т(n)}$

При построении всех графиков на рис.2 принято z_1=2, z_2=6, C=1,25. В АФМ с одинаковыми коэффициентами трения всех пар параметр z относится к ведомым парам трения. Прямая 5 построена при m=6.

Анализ полученных результатов. Как и предполагалось выше, применение в АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения неодинаковых значений коэффициентов трения ведущих и ведомых пар привело к изменению точности срабатывания муфты по сравнению с аналогичной АФМ, в составе которой все пары трения – ведущие и ведомые – имеют одинаковое значение коэффициента трения. Графики, приведенные на рис.2, показывают:

– практически при всех значениях коэффициента p точность срабатывания исследуемой АФМ уменьшается по мере увеличения коэффициента n (кривые 1–3). Это означает, что применение сочетаний материалов пар трения ведомой фрикционной группы с коэффициентом трения, большим, чем у ведущих пар трения, снижает точность срабатывания муфты;

– наиболее заметное снижение точности срабатывания АФМ имеет место при меньших значениях коэффициента p и при достаточно больших значениях коэффициента n (кривая 1, участок, соответствующий значениям n=1,2…1,5);

– увеличение коэффициента p приводит к повышению точности срабатывания муфты (кривые 1–3, прямая 4). Следовательно, для увеличения точности срабатывания АФМ необходимо, чтобы минимальное значение коэффициента трения между ведомыми парами было как можно больше, чем минимальный коэффициент трения между ведущими парами трения;

– при всех значениях коэффициента p, таких, что $p>1$, и коэффициента n, кроме $n=1{,}5$, точность срабатывания АФМ с неодинаковыми значениями коэффициентов трения ведущих и ведомых пар выше, чем точность срабатывания АФМ с одинаковыми значениями коэффициента трения ведущих и ведомых пар при одинаковой ширине интервала изменения коэффициента трения (рис. 2, парные графики 1–5, 2–6, 3–7).

Графики 5, 6 и 7 (см. рис.2) построены по зависимости [4]:

$$K_{\text{т}} = \frac{f_{\max}(1+zCf_{\min})}{f_{\min}(1+zCf_{\max})},$$

где $f_{\min}$, $f_{\max}$ – соответственно минимальное и максимальное значения коэффициента трения для рассматриваемого случая. (Обозначения остальных параметров в последней формуле см. выше).

При построении графиков 5, 6 и 7 приняты те же значения параметров C, $m=f_{\max}/f_{\min}$ и z – числа пар трения, связанных с нажимным диском (см. рис. 1).

Аналитическое исследование точности срабатывания АФМ. Графический способ исследования функции (17) показал, что рассматриваемая АФМ имеет при определенных соотношениях триботехнических характеристик пар трения преимущество по точности срабатывания по отношению к АФМ с одинаковыми значениями коэффициента трения всех пар. Однако, как отмечено выше, графический способ не дает решения задачи оптимизации параметров АФМ в целом и триботехнических характеристик пар трения в частности.

В качестве теоретической основы упомянутой оптимизации в инженерных расчетах необходимо в аналитической форме установить либо минимум функции (17), либо (при отсутствии минимума) условия, способствующие ее уменьшению. Для этого найдем первую производную функции (17):

$$D(K_{\text{т}})_n = \frac{z_2 m(1+z_2 Cpf_{1\min})(z_1 - Cf_{1\max})}{(z_1+z_2 p)(1+z_2 Cnf_{1\max})^2}. \quad (18)$$

Функция (17) минимальная, если ее производная обращается в нуль. На основе этого найдем, что условие обращения в минимум функции должно выполняться, если

$$p = \frac{z_1 - Cf_{1\max}}{z_2 Cf_{1\min}(Cf_{1\max} - z_1)}. \quad (19)$$

Анализ выражения (19) показывает, что для обращения производной в нуль коэффициент p должен быть отрицательным, что противоречит его физическому смыслу (см. выше). Следовательно, функция (17) по аргументу n является возрастающей и минимума не имеет.

Замечание. Указанный вывод сделан при условии, что в соотношении (18) выполняется неравенство:

$$z_1 - Cf_{1\max} > 0. \quad (20)$$

Величина КУ C принимается максимальной и ограничена сверху значением [6]:

$$C \le \frac{1}{z_1 f_{1\max}}.$$

Таким образом, неравенство (20) выполняется в том случае, если

$$\frac{f_{1\max}}{f_{2\max}} < 1. \quad (21)$$

Поскольку рассматриваются различные варианты сочетаний максимальных величин коэффициентов трения ведущих и ведомых пар, то возможен случай, когда неравенство (21) не выполняется. Тогда, согласно соотношению (18), производная функции (17) в соответствии с выражением (19) положительна и увеличение коэффициента n приводит к уменьшению точности сра-

батывания АФМ. Если же неравенство (21) выполняется, то производная отрицательна, т. е. увеличение коэффициента n приводит к повышению точности срабатывания муфты.

Интерпретируя неравенство (21), запишем, с учетом соотношения (15)

$$n > 1 .$$

Следовательно, одним из условий высокой точности срабатывания АФМ является большая, чем единица, величина коэффициента n. Наоборот, меньшая, чем единица, величина коэффициента n свидетельствует о более низкой точности срабатывания муфты.

Установим возможность существования минимума функции (17) по аргументу p. Первая производная функции равна:

$$D(K_{\text{т}})_p = \frac{z_2 m(z_1 + z_2 n)(Cf_{1\min} - z_1)}{(z_1 + z_2 p)^2 (1 + z_2 Cnf_{1\max})} . \qquad (22)$$

Корень уравнения $z_2 m(1 + z_2 n)(Cf_{1\min} - z_1)$ =0 имеет вид:

$$n = -\frac{1}{z_2} ,$$

и, очевидно, отрицателен. Это противоречит физическому смыслу коэффициента n, следовательно, минимума функции (17) по аргументу p нет. Производная (22) отрицательна, поскольку:

$$Cf_{1\min} - z_1 = \frac{f_{1\min}}{f_{2\max}} - 1 < 0,$$

следовательно, точность срабатывания АФМ повышается при увеличении коэффициента p.

Выводы. Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что применение в конструкции АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения неодинаковых сочетаний материалов последних дает определенный положительный эффект с точки зрения точности срабатывания муфты. Результаты исследования могут быть использованы при расчетах и проектировании новых конструкций АФМ первого поколения с дифференцированными парами трения, обладающих более высокой точностью срабатывания при неизменных габаритах и массе.

Библиографический список

1. Есипенко Я.И. и др. Муфты повышенной точности ограничения нагрузки / Я.И. Есипенко, А.З. Паламаренко, М.К. Афанасьев. – Киев: Техніка, 1972. – 168 с.

2. Шишкарев М.П. Адаптивные фрикционные муфты. Исследование, конструкции и расчет: науч. изд. / М.П. Шишкарев. – Ростов н/Д: Изд–во РГАСХМ, 2002. – 228 с.

3. Запорожченко Р.М. О характеристиках предохранительных фрикционных муфт повышенной точности срабатывания / Р.М. Запорожченко // Изв. вузов. Машиностроение. – 1971. – №1. – С.48–52.

4. Поляков В.С. Справочник по муфтам / В.С. Поляков, И.Д. Барбаш, О.А. Ряховский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд–ние, 1974. – 352 с.

5. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления: Особые линейные и нелинейные системы / А.А. Воронов. – 2–е изд., перераб. – М.: Энергоиздат, 1981. – 304 с.

6. Шишкарев М.П. Распределение нагрузки в муфте Н.Д. Вернера и выбор ее параметров / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2001. – №6. – С.8–11.

7. Шишкарев М.П. Уровень перегрузки при срабатывании адаптивных фрикционных муфт / М.П. Шишкарев // Вестн. машиностроения. – 2006. – №2. – С.13-15.

Материал поступил в редакцию 07.12.10.

References

1. Esipenko Ya.I. i dr. Mufty povyshennoi tochnosti ogranicheniya nagruzki / Ya.I. Esipenko, A.Z. Palamarenko, M.K. Afanas'ev. Kiev: Tehnika, 1972. 168 s. – In Russian.
2. Shishkarev M.P. Adaptivnye frikcionnye mufty. Issledovanie, konstrukcii i raschet: nauch. izd. / M.P. Shishkarev. Rostov n/D: Izd–vo RGASHM, 2002. 228 s. – In Russian.
3. Zaporojchenko R.M. O harakteristikah predohranitel'nyh frikcionnyh muft povyshennoi tochnosti srabatyvaniya / R.M. Zaporojchenko // Izv. vuzov. Mashinostroenie. 1971. №1. S.4852. – In Russian.
4. Polyakov V.S. Spravochnik po muftam / V.S. Polyakov, I.D. Barbash, O.A. Ryahovskii. L.: Mashinostroenie. Leningr. otd–nie, 1974. 352 s. – In Russian.
5. Voronov A.A. Osnovy teorii avtomaticheskogo upravleniya: Osobye lineinye i nelineinye sistemy / A.A. Voronov. – 2–e izd., pererab. – M.: Energoizdat, 1981. – 304 s. – In Russian.
6. Shishkarev M.P. Raspredelenie nagruzki v mufte N.D. Vernera i vybor ee parametrov / M.P. Shishkarev // Vestn. mashinostroeniya. – 2001. №6. – S.811. – In Russian.
7. Shishkarev M.P. Uroven' peregruzki pri srabatyvanii adaptivnyh frikcionnyh muft / M.P. Shishkarev // Vestn. mashinostroeniya. – 2006. №2. S.13-15. – In Russian.

A.E. FOKIN, M.D. GAVRILENKO, M.P. SHISHKAREV

RESEARCH OF ADAPTIVE FRICTION CLUTCH WITH DIFFERENTIATED FRICTION PAIRS

The problem of the clutch operation accuracy increase without introducing material changes into its construction is solved on the ground of N.D. Verner's construction of the adaptive lamellar clutch which friction group consists of disks made from the materials with different friction values.

Key words: *adaptive friction clutch, feedback, magnification factor, friction factor.*

УДК 62-62-543.2:532.528

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ В ДРОССЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ КАВИТАЦИИ

В.С. КУЗНЕЦОВ
(Московский государственный технический университета им. Н.Э. Баумана)

Представлены результаты экспериментальных исследований некоторых гидродиамических параметров истечения жидкости через дроссельные каналы цилиндрической и плоской форм. Проанализирован характер распределения давления в различных точках рассматриваемых каналов.
Ключевые слова: э*ксперимент, жидкость, дроссель, давление, кавитация.*

Введение. Из анализа литературных источников [1-4] следует, что в 70 – 80-е годы прошлого столетия в отечественной науке велись достаточно обширные исследования гидродинамики потоков жидкости в дроссельных каналах при возникновении в них кавитационных явлений. Однако механизм процессов, сопровождающих такие течения, в полной мере раскрыть не удалось.

Постановка задачи. В задачу данной работы входило исследование особенностей гидродинамических процессов в осесимметричных потоках на основе изучения течения жидкости в плоских и цилиндрических щелевидных дроссельных каналах и оценка вероятности нарушения сплошности потока жидкости в дроссельных каналах.

Результаты экспериментов и их обсуждение. В целях накопления знаний в области рассматриваемых процессов на стендах кафедры «Гидромеханика, гидромашины и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э.Баумана проводятся экспериментальные исследования процесса истечения воды в атмосферу из дроссельных каналов цилиндрической (рис.1) и плоской щелевидной (рис.2) форм. Модели дроссельных устройств изготовлены из полированного оргстекла.

Следует отметить, что исследования гидродинамики потоков в плоских щелевидных и осесимметричных каналах предпринимались и ранее. Однако вопросы гидродинамики потоков в осесимметричных каналах на основе данных, полученных при исследовании плоских потоков, в явном виде не рассматривались.

Критериями оценки некоторых гидродинамических процессов в осесимметричном потоке на основе изучения процесса течения жидкости в плоском щелевидном канале на первом этапе исследований предполагались:

– идентичность качественной и количественной степени зависимости поля распределения давления в дроссельном канале от давления на его входе;

– степень визуальной идентичности гидродинамических процессов движения жидкости в осесимметричных цилиндрическом и плоском дроссельных каналах.



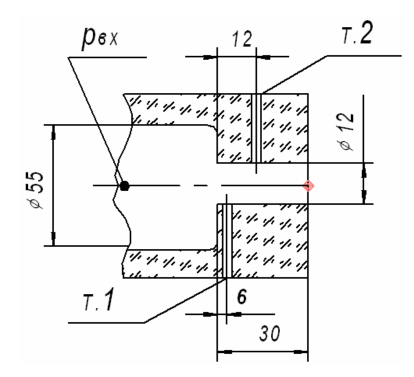
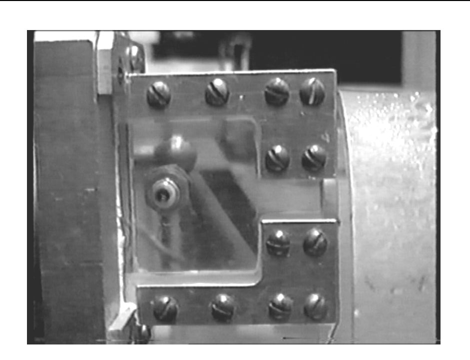


Рис.1. Дроссельный канал цилиндрической формы



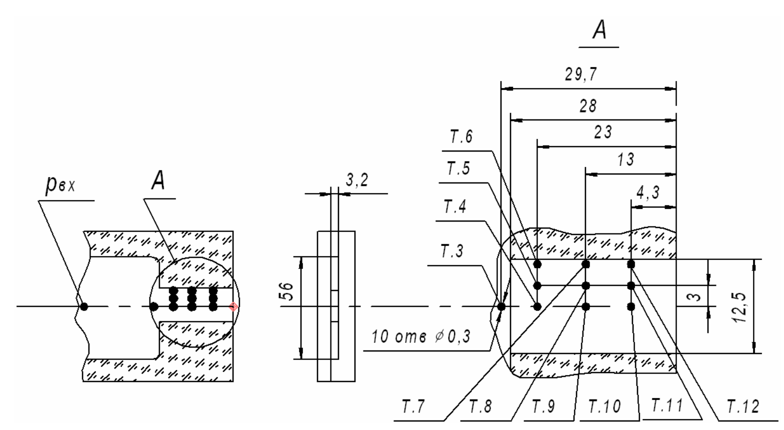


Рис.2. Дроссельный канал плоской щелевидной формы

Для достижения поставленной цели в процессе эксперимента измеряли:

– в цилиндрическом канале – давление на входе ($p_{вх}$) и величину вакуума в двух точках 1 и 2 на поверхности стенки канала (см. рис.1);

– в плоском щелевидном канале – давление на входе ($p_{вх}$) и в десяти точках внутри канала в соответствии со схемой, приведенной на рис.2;

– атмосферное давление;

– температуру жидкости в струе на выходе.

Избыточное давление измеряли с помощью образцовых манометров класса точности 0,4, а вакуум – с помощью образцового вакуумметра класса точности 0,25. Для измерения атмосферного давления применялся образцовый барометр, для измерения температуры – ртутный лабораторный термометр.

На рис. 3 приведены полученные экспериментально графики изменения величины абсолютного давления в двух точках 1 и 2 цилиндрического дроссельного канала и в идентичных с ними (в геометрическом отношении) точках 6 и 7 плоского щелевидного дроссельного канала в функции от абсолютного давления на входе $p_{вх}$.

Анализируя результаты экспериментальных исследований на графиках, приведенных на рис.3, можно сделать вывод о качественном и удовлетворительном количественном совпадении закономерности изменения давления в идентичных точках кавитационной полости цилиндрического дроссельного канала и его плоской модели в функции от давления на входе. Некоторое смещение графиков изменения давления в идентичных точках кавитационной полости цилиндрического канала и плоской модели отчасти, вероятно, связано с тем, что точка 2 дроссельного ка-

нала расположена на расстоянии от входной кромки 12 мм, а точка 7 плоской модели расположена на расстоянии 15 мм.

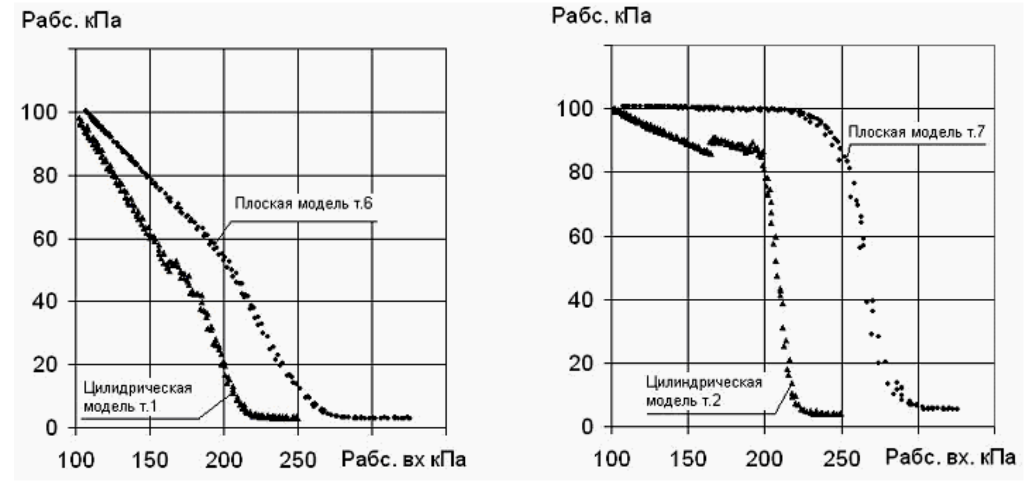


Рис.3. Диаграммы изменения абсолютного давления

Приведенные данные, а также визуально наблюдаемое совпадение гидродинамической картины потока в кавитационной зоне (см. рис.5, 6) позволяют сделать вывод о возможности описания поведения гидродинамических процессов в других осесимметричных потоках на основе изучения их плоских моделей.

На рис.4 приведены результаты измерения давления в точках 3 – 10 плоской модели в функции от давления на входе $p_{вх}$.

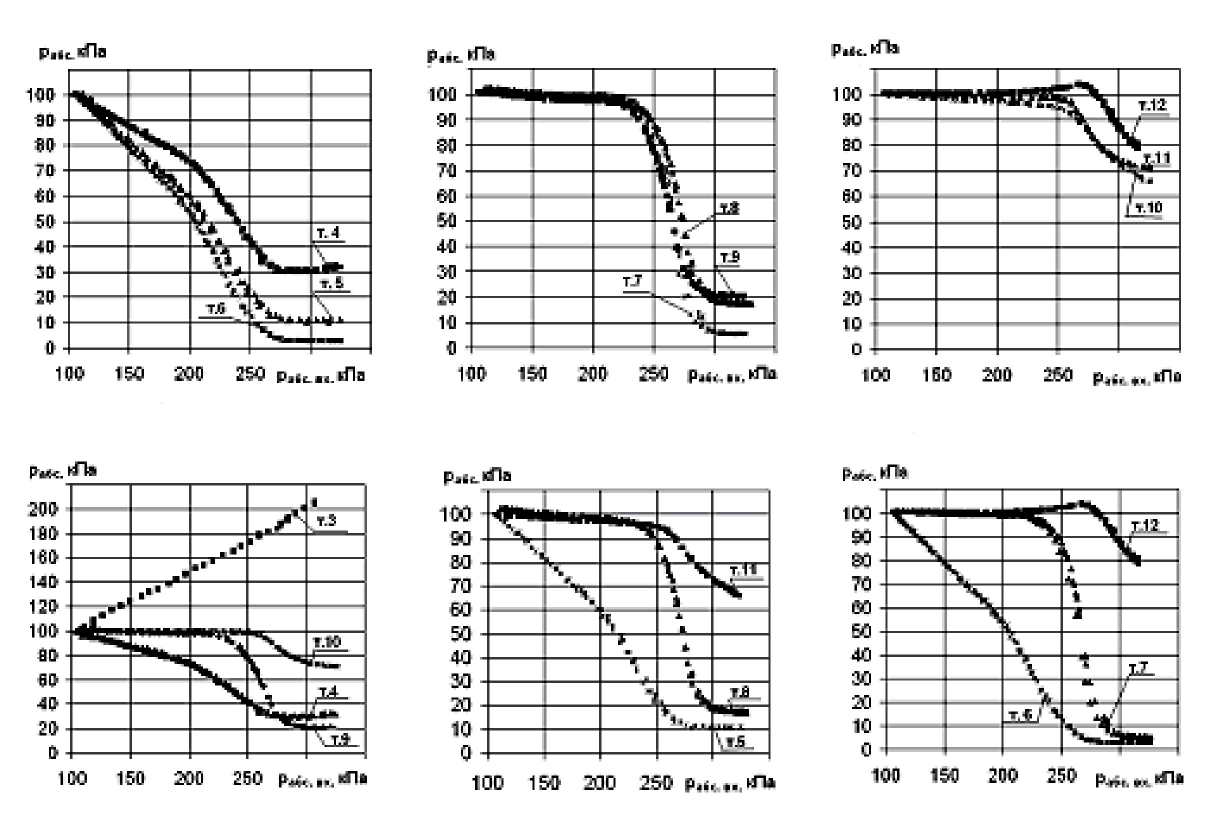
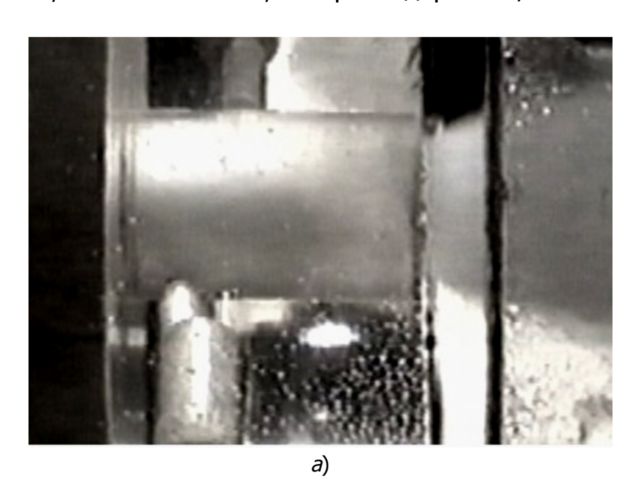


Рис.4. Диаграммы результатов измерения давления

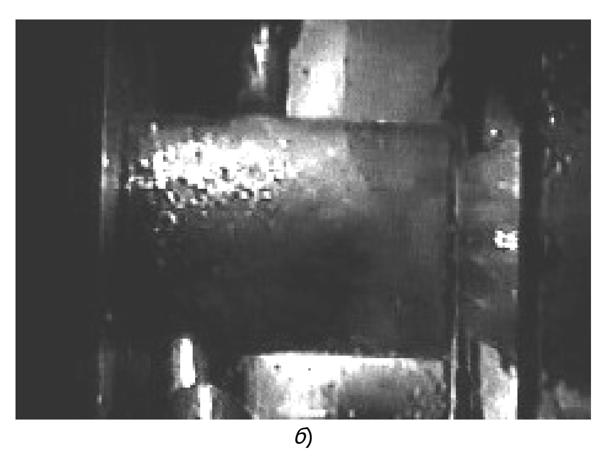
Из графиков, приведенных на рис.4, следует, что внутри ядра потока давление всегда выше, чем на его границе. Минимальное давление на границе ядра потока как в цилиндрической, так и в плоской моделях всегда превышало давление насыщенного пара (при данных термодинамических параметрах) на 800-1500 Па. Следовательно, разрыв сплошности потока невозможен. Этот же вывод следует и из анализа видеофильма, визуализирующего гидродинамическую картину потока в диапазоне изменения давления на входе от минимального до давления, соответствующего переходу от безотрывного режима истечения к отрывному.

В процессе эксперимента проводилась съемка потока жидкости в исследуемых дроссельных каналах с помощью видеокамеры с разным временем экспозиции каждого кадра. Минимальное время экспозиции кадра составляло 1/8000 с. Технические возможности видеокамеры позволяли производить покадровую съемку с частотой 25 Гц.

На рис.5,*а* приведен снимок потока жидкости в цилиндрическом дроссельном канале при выдержке 1/25 с, а на рис.5,*б* – тот же поток, но при выдержке 1/8000 с.



а)

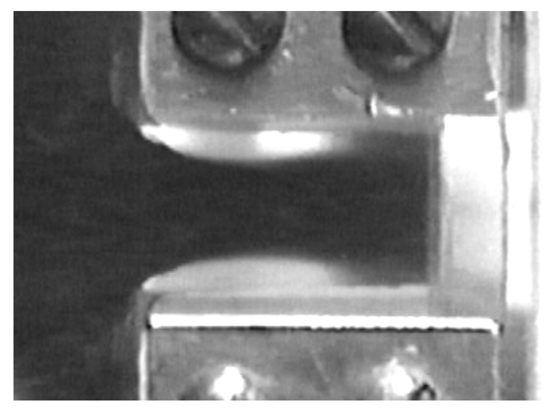


б)

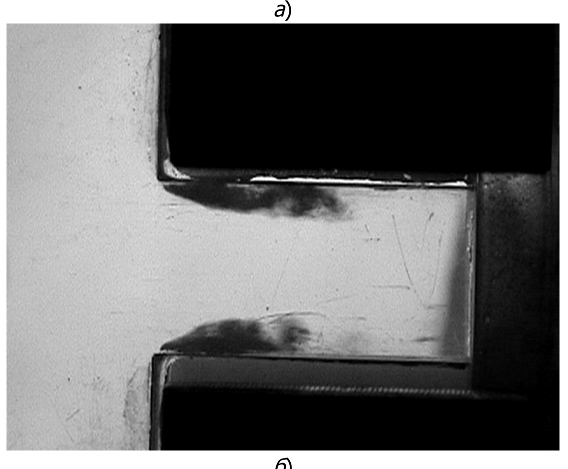
Рис.5. Течение потока жидкости в цилиндрическом дроссельном канале:
а – время экспозиции 1/25 с; *б* – время экспозиции 1/8000 с

Снимок, представленный на рис.5,*б*, указывает на нестабильность геометрии кавитационной зоны в хвостовой ее части. Отсюда следует, что из ядра потока в кавитационную полость постоянно выделяется газ, содержащийся в жидкости. Очевидно, что масса газа в газовой полости растет во времени, увеличивая давление. Это, в свою очередь, вызывает увеличение сил от давления газа на поверхность потока и приводит к изменению количества движения массы жидкости

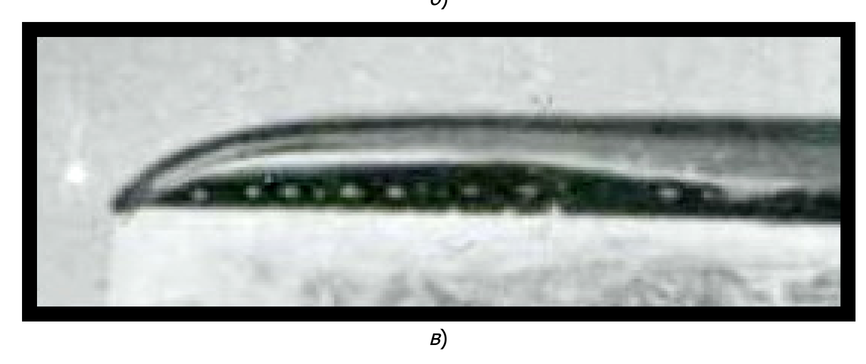
в ядре потока, а также к изменению геометрии хвостовой части каверны и пульсации в ней давления.



а)



б)



в)

Рис. 6. Течение потока жидкости в плоском дроссельном канале: *а* – время экспозиции 1/25 с.; *б* – время экспозиции 1/8000 с.; *в* –содержание полости между потоком и стенкой канала при большом увеличении

На рис.6,*а* приведен снимок потока жидкости в плоском дроссельном канале при времени фиксации кадра 1/25 с., а на рис.6,*б* – тот же поток при времени фиксации кадра 1/8000 с. Из этих снимков следует, что внутри ядра потока давление всегда выше, чем на его границе. Следовательно, если давление в замкнутой полости (в том числе и на границе ядра потока) не может быть ниже давления насыщенного пара протекающей жидкости, а давление внутри ядра всегда выше давления на его границе, то можно предположить, что возникновение газовой, а тем более паровой кавитации внутри ядра потока мало вероятно.

Выводы. Анализ результатов исследований выявил важные особенности протекания гидродинамических процессов в осесимметричных потоках на основе изучения течения жидкости в плоских щелевидных дроссельных каналах, а также позволяет уточнить методологию расчета и профилирования дроссельных каналов различных гидравлических устройств.

Библиографический список

1. Сиов Б.Н. Истечение жидкости через насадки / Б.Н. Сиов. – М.: Машиностроение, 1968. – 140 с.
2. Бирюков О.Я., Котлов А.Б., Фомичев В.М. Влияние противодавления на гидравлические характеристики дросселирующего устройства: сб. «Рипорт», 1974. Деп. в ВИМИ. №1, №ВМ ДР00959.
3. Попов Д.Н. Кавитационные течения вязкой жидкости в дроссельных устройствах / Д.Н. Попов, П.В. Отрошко, А.Г. Бочаров, В.С. Кузнецов // Вестн. машиностроения. – 1980. – №2. – С.5-8.
4. Попов Д.Н. О влиянии противодавления на кавитационные течения жидкости в дроссельных устройствах / Д.Н. Попов, П.В. Отрошко, А.Г. Бочаров, В.С. Кузнецов // Вестн. машиностроения. – 1981. – №11. – С.68-70.

Материал поступил в редакцию 11.11.10.

References

1. Siov B.N. Istechenie jidkosti cherez nasadki / B.N. Siov. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 140 s. – In Russian.
2. Biryukov O.Ya., Kotlov A.B., Fomichev V.M. Vliyanie protivodavleniya na gidravlicheskie harakteristiki drosseliruyuschego ustroistva: sb. «Riport», 1974. Dep. v VIMI. №1, №VM DR00959. – In Russian.
3. Popov D.N. Kavitacionnye techeniya vyazkoi jidkosti v drossel'nyh ustroistvah / D.N. Popov, P.V. Otroshko, A.G. Bocharov, V.S. Kuznecov // Vestn. mashinostroeniya. – 1980. – №2. – S.5-8. – In Russian.
4. Popov D.N. O vliyanii protivodavleniya na kavitacionnye techeniya jidkosti v drossel'nyh ustroistvah / D.N. Popov, P.V. Otroshko, A.G. Bocharov, V.S. Kuznecov // Vestn. mashinostroeniya. – 1981. – №11. – S.68-70. – In Russian.

V.S. KUZNETSOV

STUDY OF FLUID OUTFLOW THROUGH THROTTLE CHANNELS WITH CAVITATION INITIATION

The experimental study results of several hydrodynamic parameters of fluid discharge through the throttle channels of cylindrical or flat forms are offered. The pressure distribution in different points of flow in the considered throttle channels has been analyzed.

Key words: *experiment, fluid, throttle, pressure, cavitation.*

УДК 519.87:321.822:261.891+06

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ УПОРНОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С НЕЖЕСТКОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ, РАБОТАЮЩЕГО НА МИКРОПОЛЯРНОЙ СМАЗКЕ

К.С. АХВЕРДИЕВ, И.С. СЕМЕНКО
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

На основе уравнений движения микрополярной жидкости и уравнений Ламэ для случая «тонкого слоя» предложен метод расчета упорного подшипника скольжения с нежесткой опорной поверхностью. Дана оценка влияния значений безразмерных критериев, присущих микрополярным жидкостям, а также упругогидродинамического параметра на основные рабочие характеристики подшипника.
Ключевые слова: *упорный подшипник, опорная поверхность, микрополярная смазка.*

Введение. Как известно [1-3], микрополярная жидкость широко используется в качестве модели гидродинамической смазки в узлах трения машин и механизмов. Анализ существующих работ [4-6], посвященных гидродинамическому расчету упорных подшипников скольжения, работающих на микрополярной смазке, показывает, что во всех этих работах опорная поверхность подшипника считается абсолютно жесткой.

В области подшипников, работающих на микрополярной смазке, появилось новое направление – подшипники с нежесткой опорной поверхностью. В данной работе рассматривается установившееся движение микрополярной смазки в зазоре упорного подшипника с податливой опорной поверхностью (рис.1).

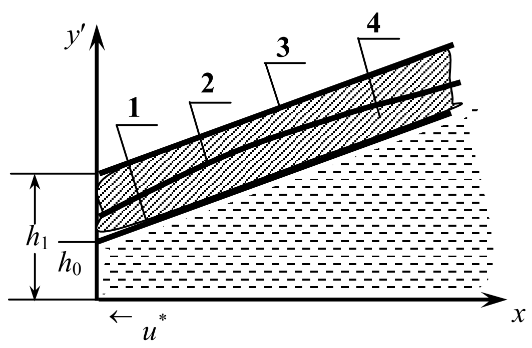


Рис.1. Схематическое изображение упорного подшипника: *1* – недеформированный контур, прилегающий к смазочному слою; *2* – деформированный контур; *3* – недеформированный контур, прилегающий к жесткой опорной поверхности подшипника; *4* – упругий слой

В качестве исходных уравнений берется система безразмерных уравнений движения микрополярной жидкости для «тонкого слоя»:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}+N^2\frac{\partial \nu}{\partial y}=\frac{dp}{dx},\qquad \frac{\partial^2 \nu}{dy^2}-\frac{\nu}{N_1}-\frac{1}{N_1}\frac{\partial u}{\partial y}=0,\qquad \frac{\partial \upsilon}{\partial y}+\frac{\partial u}{\partial x}=0. \tag{1}$$

Здесь размерные величины u',υ',ν',y',p' связаны с безразмерными u,υ,ν,y,p соотношениями:

$$u'=u^*u,\upsilon'=u^*\varepsilon\upsilon,\nu'=\nu^*\nu,\,y'=h_0y,\,p'=p^*p,\,x'=Lx,\,p^*=\frac{(2\mu+\chi)Lu^*}{2h_0^2},\varepsilon=\frac{h_0}{L},$$

$$\nu^* = \frac{u^*}{2h_0}, N^2 = \frac{\chi}{2\mu + \chi}, N_1 = \frac{l^2}{h_0^2}\frac{2\mu}{\chi}, l^2 = \frac{\gamma}{4\mu},$$

где u', υ' – компоненты вектора скорости; p' – гидродинамическое давление в смазочном слое; $\vec{\nu}'$ – вектор скорости микровращения; μ – коэффициент вязкости для ньютоновской жидкости; γ, χ – коэффициенты вязкости микрополярной жидкости; L – длина ползуна; h_0 – толщина пленки в начальном сечении, без учета деформации.

Система уравнений (1) решается при следующих граничных условиях:

$$u = -1,\ \upsilon = 0,\ \nu = 0 \text{ при } y = 0,$$

$$u = 0,\ \upsilon = 0,\ \nu = 0 \text{ при } y = 1 + \eta x + \eta_1 \varphi(x),$$

$$p(0) = p(1) = p_a / p^*, \tag{2}$$

где $\eta = \frac{Ltg\alpha}{h_0}$, $\eta_1 = \frac{\lambda'}{h_0}$, $\varphi(x) = f\left(\frac{x'}{L}\right)$, $\lambda' f\left(\frac{x'}{L}\right)$ – функция, характеризующая деформацию упругого слоя на поверхности ползуна.

К системе уравнений (1) необходимо добавить следующую безразмерную систему уравнений Ламэ для «тонкого слоя»:

$$\frac{\partial^2 u_y}{\partial y^{*2}} = 0,\ \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^{*2}} = 0. \tag{3}$$

Здесь в упругом слое переход к безразмерным переменным осуществлен по формулам:

$$y' = h_0 + \left(h_1 - h_0\right) y^*,\ u'_{y'} = \tilde{u}^* u_y,\ u'_{x'} = \tilde{u}^* u_x,\ x' = L \cdot x, \tag{4}$$

где $u'_{y'}$ и $u'_{x'}$ – компоненты вектора перемещений; $\tilde{u}^*$ – характерная величина компонент вектора перемещений; $\delta^* = h_1 - h_0$ – толщина упругого слоя.

В переменных (x, y) и (x, y^*) уравнение недеформированного контура опорной поверхности, прилегающей к смазочному слою, можно записать в виде

$$y = 1 + \eta x = H_1(x),\ y^* = \eta_2 x = H_2(x),\ \eta_2 = \frac{Ltg\alpha}{\delta^*}. \tag{5}$$

Уравнение контура внешней поверхности упругого слоя в переменных (y^*, x) запишем в виде:

$$y^* = 1 + \eta_2 x = H_3(x). \tag{6}$$

Система уравнений (3) решается при следующих граничных условиях:

$$N \frac{\partial u_x}{\partial y^*}\bigg|_{y^* = H_2(x)} = \frac{\partial u}{\partial y}\bigg|_{y = H_1(x)},\ M \frac{\partial u_y}{\partial y^*}\bigg|_{y^* = H_2(x)} = -p,$$

$$u_x\Big|_{y^* = H_3(x)} = 0,\ u_y\Big|_{y^* = H_3(x)} = 0. \tag{7}$$

Здесь $M = \frac{(1+\alpha^*) G \tilde{u}^* h_0}{(1-\alpha^*)\delta^* p^*}$; $N = \frac{\tilde{u}^* h_0 G}{\mu_0 u^* \delta^*}$; G – модуль упругости; α^* – постоянная Мусхелишвили. Для микрополярной смазки обычно $N_1 >> 1$.

Полагая $1/N_1 = \varepsilon << 1$, асимптотическое решение системы (1), удовлетворяющее граничным условиям (2), будем искать в виде:

$$u = \sum_{k=0}^{\infty} u_k \varepsilon^k,\ \upsilon = \sum_{k=0}^{\infty} \upsilon_k \varepsilon^k,\ \nu = \sum_{k=0}^{\infty} \nu_k \varepsilon^k,\ p = \sum_{k=0}^{\infty} p_k \varepsilon^k,\ \varepsilon = \frac{1}{N_1}. \tag{8}$$

Подставляя (8) в (1) и (2) для нулевого приближения (соответствующего ньютоновской жидкости), придем к следующей системе уравнений и граничных условий к ним:

$$\frac{\partial^2 u_0}{\partial y^2} = \frac{dp_0}{dx}, \ \frac{\partial \upsilon_0}{\partial y} + \frac{\partial u_0}{\partial x} = 0, \tag{9}$$

$$u_0 = -1, \ \upsilon_0 = 0 \text{ при } y = 0; u_0 = 0, \upsilon_0 = 0 \text{ при } y = h(x) = 1 + \eta x. \tag{10}$$

Точное автомодельное решение задачи (9)-(10) будем искать в виде:

$$u_0 = \frac{\partial \psi_0}{\partial y} + U(x,y), \ \upsilon_0 = -\frac{\partial \psi_0}{\partial x} + V(x,y),$$

$$\frac{dp_0}{dx} = \frac{\widetilde{c_1}}{h^2} + \frac{\widetilde{c_2}}{h^3}, \ \psi_0 = \widetilde{\psi_0}(\xi), \ U_0 = \widetilde{u_0}(\xi), \ V_0 = \tilde{\upsilon}(\xi)h'. \tag{11}$$

Подставляя (11) в (9) и (10), придем к следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений и граничных условий к ним:

$$\tilde{\psi}_0''' = \widetilde{c_2}, \ \tilde{u}_0'' = \widetilde{c_1}, \ \tilde{\upsilon}_0' - \xi \tilde{u}_0' = 0; \tag{12}$$

$$\tilde{\psi}'_0 = 0 \text{ при } \xi = 0, \xi = 1; \ \tilde{u}_0 = -1, \ \tilde{\upsilon}_0 = 0 \text{ при } \xi = 0;$$

$$\tilde{u}_0 = 0, \ \tilde{\upsilon}_0 = 0 \text{ при } \xi = 1; \ \int_0^1 u_0(\xi) d\xi = 0. \tag{13}$$

Решение задачи (12)-(13) легко находим непосредственным интегрированием. В результате будем иметь:

$$\tilde{\psi}_0' = \frac{\widetilde{c_2}}{2}\left(\xi^2 - \xi\right), \ \tilde{u}_0 = \widetilde{c_1}\frac{\xi^2}{2} - \left(\frac{\widetilde{c_1}}{2} - 1\right)\xi - 1, \tag{14}$$

где $\widetilde{c_1} = -6.$

Безразмерное гидродинамическое давление определяется из уравнения

$$\frac{dp_0}{dx} = \frac{\widetilde{c_1}}{h^2} + \frac{\widetilde{c_2}}{h^3}. \tag{15}$$

Перейдем к решению задачи для первого приближения.

Из системы (1), с учетом (8) для первого приближения, придем к следующей системе дифференциальных уравнений и граничных условий к ним:

$$\frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} + N^2 \frac{\partial \nu_1}{\partial y} = \frac{dp}{dx}, \ \frac{\partial \upsilon_1}{\partial y} + \frac{\partial u_1}{\partial x} = 0,$$

$$\frac{\partial^2 \nu_1}{\partial y^2} = \frac{\partial u_0}{\partial r} = \frac{\tilde{\psi}''_0}{h^2} + \frac{u_0'}{h} = \frac{\widetilde{c_2}}{2h^2}\left(2\frac{y}{h} - 1\right) + \frac{1}{h}\left[\widetilde{c_1}\frac{y}{h} - \left(\frac{\widetilde{c_1}}{2} - 1\right)\right], \tag{16}$$

$$u_1 = 0, \ \upsilon_1 = 0, \ \nu_1 = 0 \text{ при } y = 0; u_1 = 0, \ \upsilon_1 = 0, \ \nu_1 = 0 \text{ при } y = h(x). \tag{17}$$

Решение задачи (16)-(17) находим непосредственным интегрированием. В результате получим:

$$\nu_1 = \frac{\widetilde{c_2}}{2h^2}\left(\frac{y^3}{3h} - \frac{y^2}{2}\right) + \frac{1}{h}\left[\widetilde{c_1}\frac{y^3}{6h} - \left(\frac{\widetilde{c_1}}{2} - 1\right)\frac{y^2}{2}\right] + \left(\frac{\widetilde{c_2}}{12h} + \frac{\widetilde{c_1}}{12} - \frac{1}{2}\right)y;$$

$$u_1 = \frac{dp}{dx}\frac{y^2}{2} - N^2\left\{\frac{\widetilde{c_2}}{2h^2}\left(\frac{y^4}{12h} - \frac{y^3}{6}\right) + \frac{1}{h}\left[\widetilde{c_1}\frac{y^4}{24h} - \left(\frac{\widetilde{c_1}}{2} - 1\right)\frac{y^3}{6}\right] + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{\widetilde{c_2}}{12h} + \frac{\widetilde{c_1}}{12} - \frac{1}{2}\right)\frac{y^2}{2}\right\} - \frac{dp}{dx}\frac{hy}{2} - \frac{N^2 h}{12}y. \tag{18}$$

Интегрируя уравнение неразрывности от 0 до h для определения гидродинамического давления, приходим к следующему уравнению

$$\frac{dp_1}{dx} = -\frac{N^2}{60}\frac{\widetilde{c_2}}{h} - \frac{N^2\widetilde{c_1}}{60} + C. \tag{19}$$

Для интегрирования уравнений (15) и (19) необходимо вначале найти функцию $\varphi(x)$. Интегрируя систему уравнений (3) с граничными условиями (7), будем иметь:

$$u_{y^*} = -\frac{p}{M}y + \frac{p}{M}H_3(x).$$

Воспользуемся приближенным равенством

$$\left|r_\partial - r_н\right| \approx u_{y^*}\Big|_{y^*=H_2(x)}, \tag{20}$$

где r_∂ – уравнение деформированного контура опорной поверхности; $r_н$ – уравнение недеформированного контура.

Из (20) следует, что $\eta_1\varphi(x) \approx \frac{p_0 + \varepsilon p_1}{M}$. Полагая $\frac{\varepsilon p_1}{M} << \frac{p_0}{M}$ для безразмерной функции $\eta_1\varphi(x)$, характеризующей деформацию опорной поверхности, получим следующую приближенную формулу:

$$\eta_1\varphi(x) \approx p_0 / M. \tag{21}$$

Из уравнения (15), с учетом (21) для определения $p_0(x)$, приходим к следующему уравнению

$$\frac{dp_0}{dx} = \frac{\widetilde{c_1}}{\left(1 + \eta x + \frac{p_0}{M}\right)^2} + \frac{\widetilde{c_2}}{\left(1 + \eta x + \frac{p_0}{M}\right)^3}. \tag{22}$$

Решение уравнения (22) находим в виде ряда Тейлора в окрестности точки x=0.

$$p_0 = p_0(0) + p_0'(0)x + \frac{p_0''(0)}{2!}x^2 + \dots, \tag{23}$$

где

$$p_0(0) = \frac{p_a}{p^*};\quad p_0'(0) = \frac{\tilde{c}_1}{\left(1 + \frac{1}{M}\frac{p_a}{p^*}\right)^2} + \frac{\tilde{c}_2}{\left(1 + \frac{1}{M}\frac{p_a}{p^*}\right)^3};$$

$$p_0''(0) = \frac{-2\widetilde{c_1}\left(\eta + \frac{p_0'(0)}{M}\right)}{\left(1 + \frac{1}{M}\frac{p_a}{p^*}\right)^3} - \frac{-3\widetilde{c_2}\left(\eta + \frac{p_0'(0)}{M}\right)}{\left(1 + \frac{1}{M}\frac{p_a}{p^*}\right)^4} \tag{24}$$

и т.д.

Константа $\widetilde{c_2}$ определяется из условия $p_0'(0) + \frac{p''(0)}{2!} = 0.$

Решение уравнения (19) также находим в виде (23):

$$p_1 = p_1(0) + p_1'(0)x + p_1''(0)\frac{x^2}{2} + \dots, \tag{25}$$

где

$$p_1(0) = 0,\quad p_1'(0) = -\frac{N^2\widetilde{c_2}}{60\left(1 + \frac{1}{M}\frac{p_a}{p^*}\right)} - \frac{N^2\widetilde{c_1}}{60} + c;$$

$$p_1''(0) = \frac{N^2 \widetilde{c_2}}{60} \frac{\left(\eta + \frac{1}{M} p_0'(0)\right)}{\left(1 + \frac{1}{M} \frac{p_a}{p^*}\right)^2}. \tag{26}$$

Константа c определяется из условия $p_1'(0) + p_1''(0)\frac{1}{2} = 0.$

Таким образом, с учетом (23) и (24) для безразмерной несущей способности подшипника, получим следующее выражение:

$$\frac{w}{p^* L} = p_0'(0)\frac{1}{2} + p_0''(0)\frac{1}{6} + \varepsilon\left[\frac{p_1'(0)}{2} + \frac{p_1''(0)}{6}\right], \tag{27}$$

где $p_0'(0), p_1'(0), p_1''(0)$ определяются выражениями (24) и (26).

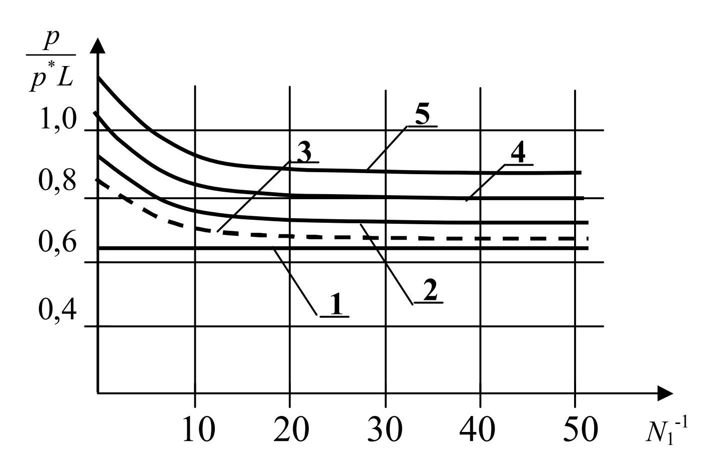


Рис. 2 Зависимость безразмерной несущей способности от параметра N_1^{-1} при различных значениях параметров M и N: *1* - $M \to \infty, N_1^{-1} \to \infty$; *2* - $N^2 = 0,6, N_1^{-1} = 40, M \to \infty$; *3* - $N^2 = 0,6, N_1^{-1} = 40, M = 100$; *4* - $N^2 = 0,8, N_1^{-1} = 40, M \to \infty$; *5* - $N^2 = 0,9, N_1^{-1} = 40, M \to \infty$

Результаты численного анализа найденного аналитического выражения (27), приведенные на рис.2, показывают:

1) при заданных значениях безразмерного параметра связи N, присущего микрополярной смазке, и значения упругогидродинамического параметра M, с увеличением безразмерного параметра N_1^{-1}, также присущего микрополярной смазке, несущая способность уменьшается. В предельном случае, при $N_1^{-1} \to \infty$, значение несущей способности стремится к соответствующему значению несущей способности подшипника, работающего на ньютоновской смазке;

2) при заданном значении упругогидродинамического параметра M, с увеличением значения параметра связи N, несущая способность подшипника возрастает. Наиболее резкое увеличение несущей способности достигается при значениях $N^2 \in [0,6;0,9]$;

3) несущая способность подшипника при заданных значениях параметров N и N_1 слабо зависит от значения упругогидродинамического параметра M. С увеличением значения параметра M несущая способность подшипника возрастает, оставаясь меньше от соответствующего значения несущей способности подшипника с жесткой опорной поверхностью.

Выводы. Разработан метод расчета упорного подшипника скольжения с нежесткой опорной поверхностью. Дана оценка влияния значений безразмерных критериев, присущих микрополярным жидкостям, а также упругогидродинамического параметра на основные рабочие характеристики подшипника. В результате установлено, что с увеличением значения параметра связи N несущая способность подшипника возрастает. Деформация опорной поверхности подшипника незначительно влияет на его несущую способность.

Библиографический список

1. Пракаш, Синха. Теория сдавливания пленок микрополярных жидкостей // Пракаш, Синха. // Проблемы трения и смазки: тр. амер. об-ва инж.-мех. – 1998. – №1. – С.147-154.

2. Kline K.A., Allen S.J. «Nonsteady Flows of Fluids With Microstructure», Physics of Fluids, Vol. 13, 1970, p. 263.

3. Prakash J., Sinha, Prawal. «Lubrication Theory for Micropolar Fluids and Its Application to a Journal Bearing», Int. J. Engng. Sci., Vol. 13, 1975, p. 217.

4. Ахвердиев К.С. Математическая модель гидродинамической смазки бесконечно широких опор, работающих в турбулентном режиме на микрополярной смазке / К.С. Ахвердиев, А.Ю. Вовк, М.А. Мукутадзе, М.А. Савенкова // Трение и смазка. – 2007. – №6. – С.278-284.

5. Ахвердиев К.С. Математическая модель гидродинамической смазки бесконечно широких опор, работающих в нестандартном турбулентном режиме на микрополярной смазке / К.С. Ахвердиев, А.Ю. Вовк, М.А. Мукутадзе, М.А. Савенкова // Вест. Донск. гос. ун-та. – 2007. – №9. – С.12-15.

6. Ахвердиев К.С. Аналитический метод прогнозирования значений критериев микрополярной смазки, обеспечивающих устойчивый режим работы радиального подшипника скольжения / К.С. Ахвердиев, А.Ю. Вовк, М.А. Мукутадзе, М.А. Савенкова // Трение и износ. – 2008. Т.29, №2. – С.184-191.

Материал поступил в редакцию 28.01.11.

References

1 Prakash, Sinha. Teoriya sdavlivaniya plenok mikropolyarnyh jidkostei / Prakash, Sinha. // Problemy treniya i smazki: Tr. amer. ob-va inj.-meh. – 1998. – №1. – S.147-154. – In Russian.

2 Kline K.A., Allen S.J. «Nonsteady Flows of Fluids With Microstructure», Physics of Fluids, Vol. 13, 1970, p. 263.

3 Prakash J., Sinha, Prawal. «Lubrication Theory for Micropolar Fluids and Its Application to a Journal Bearing», Int. J. Engng. Sci., Vol. 13, 1975, p. 217.

4 Ahverdiev K.S. Matematicheskaya model' gidrodinamicheskoi smazki beskonechno shirokih opor, rabotayuschih v turbulentnom rejime na mikropolyarnoi smazke / K.S. Ahverdiev, A.Yu. Vovk, M.A. Mukutadze, M.A. Savenkova // Trenie i smazka. – 2007. – №6. – S.278-284. – In Russian.

5 Ahverdiev K.S. Matematicheskaya model' gidrodinamicheskoi smazki beskonechno shirokih opor, rabotayuschih v turbulentnom rejime na mikropolyarnoi smazke / K.S. Ahverdiev, A.Yu. Vovk, M.A. Mukutadze, M.A. Savenkova // Trenie i smazka v mashinah i mehanizmah. – 2007. – №9. – S.12-15. – In Russian.

6 Ahverdiev K.S. Analiticheskii metod prognozirovaniya znachenii kriteriev mikropolyarnoi smazki, obespechivayuschih ustoichivyi rejim raboty radial'nogo podshipnika skol'jeniya / K.S. Ahverdiev, A.Yu. Vovk, M.A. Mukutadze, M.A. Savenkova // Trenie i iznos. – 2008. T.29, №2. – S.184-191. – In Russian.

K.S. AKHVERDIYEV, I.S. SEMENKO

HYDRODYNAMIC CALCULATION OF THRUST BEARING WITH FLEXIBLE MOUNTING FACE OPERATING ON MICROPOLAR GREASING

The computation method of the thrust plain bearing with flexible mounting face based on the equations of micropolar fluid motion and Lame's equations for a 'thin-layer' case is offered. The impact assessment of dimensionless criteria values characteristic of the micropolar fluid, and the elastohydrodynamic parameter on the basic operation factors of the bearing is given.

Key words: *thrust bearing,mounting face, micropolar greasing.*

УДК 004.94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПО КРИТЕРИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОЛНОТЫ

Ю.А. РВАНЦОВ
(Ростовский государственный экономический университет)

Предложен пример применения методики анализа по функциональной полноте для сравнения систем имитационного моделирования и определения степени их соответствия требованиям пользователей.
Ключевые слова: *имитационная модель, система, сравнительный анализ, функциональная полнота, функция.*

Введение. Главной проблемой при построении любой имитационной модели является необходимость построения комплексных математических моделей и разработки программного кода имитационной модели. В современных системах имитационного моделирования предпринимаются попытки решить эту проблему при помощи автоматизации построения кода имитационной модели на основании различных графических схем (визуальных моделей) и с использованием методов объектно-ориентированного проектирования. Такой подход значительно облегчает задачу создания имитационной модели и делает саму модель более понятной для пользователей.

На кафедре экономической информатики и автоматизации управления Ростовского государственного экономического университета «РИНХ» был предложен метод решения этой проблемы путем автоматического построения имитационных моделей на основе диаграмм UML – языка, который в настоящее время принят в качестве стандартного языка моделирования и получил широкую поддержку в индустрии программного обеспечения [1]. Этот метод был реализован в виде системы имитационного моделирования СИМ-UML [6]. Для того чтобы оценить потребительскую ценность СИМ-UML и ее перспективы на рынке программных средств для имитационного моделирования, необходимо сравнить возможности системы и степень удовлетворения требованиям пользователей с конкурирующими программами. Для этого был проведен сравнительный анализ систем имитационного моделирования по критерию функциональной полноты [5].

Основная часть. *На первом шаге* исследования были отобраны системы имитационного моделирования для анализа. В число выбранных программных продуктов вошли:

1. ARIS Simulation – часть комплекса средств анализа и моделирования деятельности предприятия, а также разработки автоматизированных информационных систем ARIS Toolset.
2. Система имитационного моделирования Arena.
3. Simulink приложение к пакету Matlab для имитационного моделирования сложных процессов и систем.

Все указанные продукты отвечают следующим условиям:

– позволяют осуществлять имитационное моделирование деловых процессов;

– поддерживают в той или иной степени интеграцию визуального и имитационного моделирования;

– широко распространены и пользуются популярностью на рынке.

На втором шаге был составлен список функций, по которым проводится анализ. При этом были отобраны как функции, существенные для процесса построения и работы с имитационными моделями, так и функции, обеспечивающие удобство и производительность при работе пользователя с системой. Фрагмент списка выбранных функций приведен в табл.1.

Таблица 1

Список функций систем имитационного моделирования (фрагмент)

Код	Функция
f1	Автоматическая генерация программного кода имитационной модели
f2	Возможность анимировать процесс моделирования
f3	Возможность быстрого изучения системы
…	…
f25	Проверка синтаксической правильности визуальной модели
f26	Редактирование имеющихся законов распределения
f27	Создание собственных законов распределения
f28	Экспорт результатов моделирования

На *третьем шаге* была заполнена таблица начальных данных (из источников [1,2,3,4]), элементы которой (X_{ij}) определяются по следующему правилу:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } j \text{ - я функция реализуется } i \text{ - м ПП;} \\ 0, \text{если не реализуется (нн выполняется).} \end{cases}$$

Полученные данные представлены в табл.2.

Таблица 2

Начальные данные для анализа (фрагмент)

	f1	f2	f3	…	f25	f26	f27	f28
Aris	1	0	0	…	1	0	0	1
Arena	1	1	0	…	1	0	0	1
Simulink	1	0	0	…	1	0	0	1
СИМ-UML	1	0	1	…	1	1	1	1

Далее на основании данных исходной таблицы были рассчитаны матрица P (табл.3), элементы которой показывают различие сравниваемых систем по функциям, и матрица H (табл.4), элементы которой (Hik) показывают, какая часть функций, реализуемых i-й системой, реализуется также и j-й системой, т.е. насколько i-я система поглощает j-ю систему.

Таблица 3

Матрица разности систем имитационного моделирования по реализуемым функциям

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	0	0	2	2
Arena	2	0	3	3
Simulink	1	0	0	1
СИМ-UML	9	8	9	0

Таблица 4

Матрица поглощения систем имитационного моделирования

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	1	0,9	0,941	0,64
Arena	1	1	1	0,68
Simulink	0,889	0,85	1	0,64
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1

Из табл.3 видно, что различия по функционалу между исследуемыми системами достаточно малы. Некоторое отличие программы СИМ-UML объясняется тем, что большинство современ-

ных коммерческих систем имитационного моделирования разрабатываются с учетом традиционных для своей сферы использования требований, а система СИМ-UML изначально создавалась специально для моделирования сложных стохастических процессов, что позволило дополнить ее набором уникальных функций для расширения возможностей описания характеристик модели. Вторым направлением работы над системой было повышение ее эргономичности и стремление максимально упростить работу пользователей. Набор функций, реализованных специально для упрощения освоения программы, также отличает ее от конкурентов.

Табл.4 демонстрирует высокую степень взаимного поглощения анализируемых систем, что свидетельствует о наличии определенного базового набора функций, реализованных всеми системами, что позволяет говорить о том, что эти системы сравнимы между собой, и доказывает значимость полученных в ходе их сравнения результатов.

Для оценки подобия изучаемых программных продуктов в соответствии с методикой применяется мера подобия Жаккарда Gij, на основании которой строится матрица подобия систем (табл.5).

Таблица 5

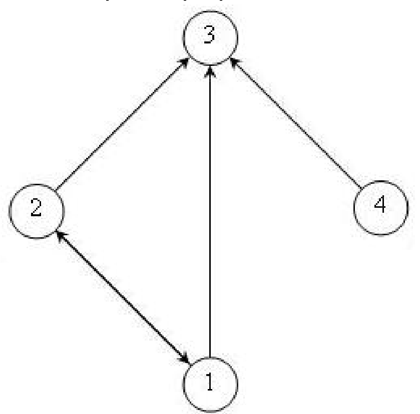
Матрица подобия систем имитационного моделирования

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML
Aris	1	0,9	0,842	0,593
Arena	0,9	1	0,85	0,607
Simulink	0,842	0,85	1	0,615
СИМ-UML	0,593	0,607	0,615	1

Из полученных матриц, выбрав нужные пороговые значения, можно рассчитать логические матрицы Po, Ho и Go. Например, для матрицы поглощения H была рассчитана логическая матрица Ho на основании порогового значения ε_g = 0,9, где

$$H_{ij}^0 = \begin{cases} 1, \text{если } H_{ij} \geq \varepsilon_g, i \neq j \\ 0, \text{если } H_{ij} < \varepsilon_g, \text{или } i=j. \end{cases}$$

По полученной матрице был построен граф поглощения изучаемых систем (рисунок).



Граф поглощения систем имитационного моделирования

Благодаря очень высокому уровню порогового значения, каждое ребро на графе означает практически полное поглощение по функционалу. Таким образом, полученный граф, содержащий большое количество ребер, еще раз наглядно демонстрирует высокий уровень взаимосвязи исследуемых систем.

Помимо сравнения систем между собой, пользователю может быть необходимо определить, какие из них позволяют полностью решить задачи, стоящие перед пользователем. Применительно к системам имитационного моделирования эти задачи включают:

– построение имитационной модели с минимальными трудовыми и временными затратами (достигается за счет использования при построении имитационной модели визуальных моделей деловых процессов в виде диаграмм какой-либо из распространенных нотаций);

– прогон полученной модели и проведение имитационного эксперимента;

– представление полученных результатов в удобном для анализа виде.

Для определения систем, позволяющих решить все перечисленные задачи, были выделены функции, необходимые для их решения, и в табл.1 добавлена условная система (Z), реализующая выделенный набор функций. Данные для анализа приняли вид, показанный в табл.6.

Таблица 6

Исходные данные для сравнения с включением условной системы (фрагмент)

	f1	f2	f3	…	f25	f26	f27	f28
Aris	1	0	0	…	1	0	0	1
Arena	1	1	0	…	1	0	0	1
Simulink	1	0	0	…	1	0	0	1
СИМ-UML	1	0	1	…	1	1	1	1
Z	1	0	0	…	1	0	0	1

На основании этих данных была рассчитана матрица поглощения H для списка рассматриваемых систем (табл.7).

Таблица 7

Матрица поглощения с включением условной системы

	Aris	Arena	Simulink	СИМ-UML	Z
Aris	1	0,9	0,941	0,64	1
Arena	1	1	1	0,68	1
Simulink	0,889	0,85	1	0,64	0,909
СИМ-UML	0,889	0,85	0,941	1	1
Z	0,611	0,55	0,588	0,44	1

Как видно из полученных результатов, почти все рассматриваемые программные продукты полностью поглощают условную систему (H_{i5}=1). Исключение составляет только программа Simulink. Это объясняется тем, что данный продукт изначально разрабатывался для моделирования технических систем и поддерживает формирование визуальных моделей только в собственной нотации, наиболее полно отвечающей поведению технических объектов, но требующей адаптации для моделирования экономических процессов, что усложняет построение имитационных моделей экономических систем.

Выводы. Таким образом, сравнение систем имитационного моделирования деловых процессов по критерию функциональной полноты позволило определить сходства и различия исследуемых систем по функционалу и выделить список систем, полностью удовлетворяющих требованиям пользователей к функциональной полноте. В дальнейшем для осуществления выбора оптимальной системы из этого списка могут быть использованы, например, критерии экономической эффективности или совокупной стоимости владения.

Библиографический список

1. Вендров А.М. Современные технологии создания программного обеспечения. Обзор // Jet Info Online. – 2004. – №4. [Электрон. ресурс] Режим доступа: http://daily.sec.ru/dailypblprnver.cfm?pid=11800.
2. Маклаков С.В. Имитационное моделирование с Arena / С.В. Маклаков // Компьютер-Пресс. – 2001. – №7.
3. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство / Громов А. [и др.]. – М.: Весть-МетаТехнология, 2001. – 327 с.
4. Разработка имитационных моделей в среде MATLAB: Р17: метод. указания; сост. А.М. Наместников. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 72 с.
5. Хубаев Г.Н. Сравнение сложных программных систем по критерию функциональной полноты / Г.Н. Хубаев // Программные продукты и системы. – 1998. – №2. – С.6-9.
6. Хубаев Г.Н. Система автоматизированного синтеза имитационных моделей на основе языка UML «СИМ-UML» / Г.Н. Хубаев, С.М. Щербаков, Ю.А. Рванцов // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. – №2008615423. – М.: РОСПАТЕНТ, 2009.

Материал поступил в редакцию 26.11.10.

References

1. Vendrov A.M. Sovremennye tehnologii sozdaniya programmnogo obespecheniya. Obzor // Jet Info Online. – 2004. – №4. [Elektron. resurs] Rejim dostupa: http://daily.sec.ru/dailypblprnver.cfm?pid=11800. – In Russian.
2. Maklakov S.V. Imitacionnoe modelirovanie s Arena / S.V. Maklakov // Komp'yuterPress. – 2001. – №7. – In Russian.
3. Modelirovanie biznesa. Metodologiya ARIS. Prakticheskoe rukovodstvo / Gromov A. [i dr.]. – M.: Vest' MetaTehnologiya, 2001. – 327 s. – In Russian.
4. Razrabotka imitacionnyh modelei v srede MATLAB: R17: metod. ukazaniya; sost. A.M. Namestnikov. – Ul'yanovsk: UlGTU, 2004. – 72 s. – In Russian.
5. Hubaev G.N. Sravnenie slojnyh programmnyh sistem po kriteriyu funkcional'noi polnoty / G.N. Hubaev // Programmnye produkty i sistemy. – 1998. – №2. – S.6-9. – In Russian.
6. Hubaev G.N. Sistema avtomatizirovannogo sinteza imitacionnyh modelei na osnove yazyka UML «SIM-UML» / G.N. Hubaev, S.M. Scherbakov, Yu.A. Rvancov // Svidetel'stvo ob oficial'noi registracii programmy dlya EVM. – №2008615423. – M.: ROSPATENT, 2009. – In Russian.

Y.A. RVANTSOV

COMPARATIVE ANALYSIS OF BUSINESS PROCESSES SIMULATION SYSTEMS BY FUNCTIONAL COMPLETENESS CRITERION

Case study of functional completeness analysis to compare imitation modeling systems, and to define their conformity with the user requirements is offered.

Key words: *imitation model, system, comparative analysis, functional completeness, function.*

УДК 621.315.61 + 06

ПРОЦЕСС КОРОНИРОВАНИЯ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ СНИЖЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

И.А. СЕМКО
(Донской государственный технический университет),
В.А. ОСИПОВ, Г.Е. СОЛОВЬЕВ
(Ростовский государственный университет путей сообщения)

Приведены результаты исследования причин электротермической деградации волоконно-оптического кабеля, вызванной воздействием внешних электромагнитных полей.
Ключевые слова: *электромагнитное поле, волоконно-оптический кабель, коронирование, частичные дуги.*

Введение. Оперативное телекоммуникационное информационное обеспечение в современных условиях является стратегическим и одним из доминирующих научно-технических факторов. Успешная реализация задачи телекоммуникационного обмена возможна только при наличии надежного, помехозащищенного канала передачи информации. На сегодняшний день в таком качестве все более широкое распространение получили каналы связи, созданные на основе волоконно-оптических линий (ВОЛС). В настоящее время волоконно-оптические магистрали, проложенные вдоль всех основных железнодорожных путей, имеют протяженность более 50000 километров. Фактически ВОЛС охватывает всю густонаселенную территорию России, соединяя западные и восточные границы. Высокая надежность сети обеспечивается резервированием волоконно-оптических линий связи по географически разнесенным маршрутам и налаженной системой эксплуатации линейно-кабельных сооружений.

Линии ВОЛС, эксплуатируемые ОАО «РЖД», были введены в работу в 1999 году, и уже с весны 2002 года на сети железных дорог России начали наблюдаться случаи повреждения волоконно-оптического кабеля (ВОК), вызванные электротермической деградацией кабеля. К настоящему моменту случаев обрыва ВОК насчитывается уже несколько десятков и они продолжают повторяться. Время между подвеской ВОК и возникновением повреждения составляет от 1,5 года и до 3,5 лет. Это время, по-видимому, определяется ограниченным промежутком времени работы ВОК, а так как наблюдаются случаи появления вздутий и начала выгорания оболочки ВОК в зоне зажима поддерживающего (ЗП), следует признать, что этот негативный процесс продолжает развиваться.

Постановка задачи. Цель проведенных исследований – выявление причин электротермической деградации волоконно-оптического кабеля. Проведенные исследования работы ВОК при воздействии электромагнитных полей высокой напряженности показали, что значительная роль в деградационных процессах принадлежит скользящим разрядам, электролитической диссоциации и атмосферным факторам. Также не меньшую деструктивную роль в этих процессах играют такие факторы, как процессы коронирования в переходе «ВОК-ЗП», частичные разряды и механические апериодические колебания ВОК (при значительной стреле провеса), особенно в осенне-зимний период при воздействии ветра.

Простое визуальное исследование поверхности ВОК и исследование с помощью специальных оптических и электронных устройств показало: чем длительнее работает ВОК, тем более деградированной становится его поверхность, и особенно явно это наблюдается у перехода «ВОК-ЗП».

Экспериментальные исследования. Характер деградации поверхностной структуры как ВОК, так и металлического корпуса и резиновой вставки зажима поддерживающего, зависят от ряда факторов. К таким факторам следует отнести форму и напряженность электрического поля, воздействие различных атмосферных факторов, конструктивные особенности металлического корпуса ЗП, структуру и форму резиновой вставки, значение переходных сопротивлений «ВОК –

резиновая вставка», «резиновая вставка – металлический корпус ЗП», механическое воздействие на ВОК, особенно у перехода «ВОК-ЗП» и др. Каждый из перечисленных факторов вносит свои деструктивные воздействия на конструкцию ВОК, значительно сокращая его срок службы. Однако определяющая роль в разрушении ВОК принадлежит коронным разрядам.

Коронный разряд – это лавинно-стримерная форма устойчивого электрофизического процесса в неоднородном электрическом поле. Объемный заряд короны, как правило, значительно искажает первоначальную форму поля и поддерживает напряженность поля в коронирующем промежутке.

Значение напряжения, соответствующее началу процесса коронирования, определяется по следующей формуле:

$$U_{н.к} \approx K\left(\frac{\delta}{\varepsilon}\right)^n, \text{ кВ}, \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость среды; δ – величина диэлектрического промежутка, мм; $n = 0.45$; $U_{н.к}$ – напряжение, соответствующее началу коронирования.

Это свидетельствует о достаточно активном деградационном влиянии целого ряда деструктивных как электрофизических и механических, так и атмосферных факторов.

Линия ВОК в промежутке между опорами контактной сети представляет собой систему с распределенными параметрами [1], а в комплексе с существующими заземленными ЗП у нее появляются свои негативные свойства, при которых формирующиеся скользящие заряды стекают и накапливаются у ЗП с высокоомной резиновой демпфирующей вставкой. При этом ток, протекающий по ВОК в разных сечениях пролета между опорами, будет различным, в сечениях вблизи заземленных опор величина тока будет значительно больше, чем в середине пролета.

Очевидно, что по мере приближения к заземленному объекту, например ЗП, падение напряжения нарастает и достигает экстремального значения у кромки ЗП. Сформировавшееся высокое значение напряженности поля, как показывают лабораторные экспериментальные исследования и испытания, проведенные в реальных условиях на действующих линиях ВОК, приводит к ионизационным процессам в промежутке «ВОК-ЗП». Степень активности этих ионизационных процессов зависит от целого ряда факторов, сочетание которых приводит к формированию как коронных разрядов в узле «ВОК-ЗП», так и частичных разрядов (рис.1).

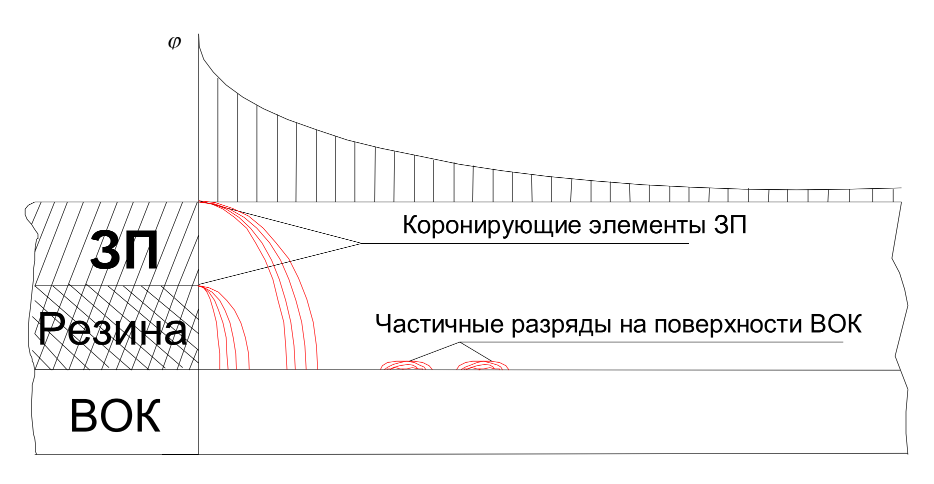


Рис.1. Схема формирования коронных и частичных разрядов на ВОК

Особую опасность для ВОК представляет длительный активный процесс коронирования у перехода «ВОК-ЗП», так как этот процесс, как правило, сопровождается образованием аллотропной формы кислорода [2] (O_3 – озона) и различных окислов азота и особенно NO_2, N_2O_5, которые

являются очень агрессивными окислителями, разрушающими как металлические, так и диэлектрические конструкции (рис.2).

Интенсивность коронирования зависит от ряда факторов, таких как напряженность электрического поля, наличие резко выступающих частей у ЗП с маленьким радиусом закругления, сопротивление перехода «ВОК-ЗП», характера погодных условий, степени загрязнения поверхности ВОК и др. Кроме этого в зависимости от характера и степени загрязнения и увлажнения поверхности ВОК при неравномерном высыхании отдельных участков на поверхности ВОК и особенно часто вблизи ЗП формируются частичные разряды.



Рис.2. Разрушение полиэтиленовой оболочки кабеля

В лаборатории техники высоких напряжений Ростовского государственного университета путей сообщения были смоделированы соответствующие электрофизические условия, при которых наблюдались процессы формирования коронных разрядов в переходе «ВОК-ЗП» и частичных разрядов в зоне примыкания к ЗП (что чаще всего наблюдается в реальных условиях). При этом начальное напряжение, при котором возможно (при определенных условиях) формирование частичных разрядов – микростримерных процессов, определяется по известной эмпирической формуле Тейлора [3]:

$$U_{н.с.} = \frac{1{,}36}{C^{0,44}} \cdot 10^{-4}\text{, кВ,} \quad (2)$$

где C – емкость единицы диэлектрической поверхности в месте формирования частичных разрядов, Ф/см^2.

Визуальное наблюдение развития и протекания коронного разряда (на примере стандартного ЗП) у перехода «ВОК-ЗП» позволяет охарактеризовать следующие его фазы: при начальном напряжении (U_H≈15 кВ) на отдельных участках острой кромки ЗП возникает вначале точечное микросвечение, и слышен характерный при коронировании шелест. При дальнейшем повышении напряжения появляются тонкие светящиеся, нитевидные плотно расположенные ионизированные микростримерные каналы. По мере повышения напряжения из коронирующего слоя начинают периодически прорываться неустойчивые искры, длина которых достаточно быстро увеличивается с ростом напряжения и последующим появлением микродуг.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что характер электрофизического процесса является результатом формирования на токопроводящей поверхности ВОК отдельных токопроводящих каналов с незначительным сопротивлением и соответственно с большой плотностью тока. При этом сформировавшиеся стримеры, ионизируя промежуток ВОК-ЗП, еще больше увеличивают его токопроводность, что приводит к формированию микродуг и, как следствие, к термическому разрушению ВОК, а в некоторых случаях и к возгоранию полиэтилена. Фазы развития и характер

протекания разрядов у перехода ВОК-ЗП для различных типов поддерживающих зажимов зависят от наличия в конструкции выступающих участков ЗП, способствующих возникновению процесса коронирования.

Библиографический список

1. Нейман Л.Р. Теоретические основы электротехники. Т.2. / Л.Р. Нейман, К.С. Демирчян. – Л.: Энергия, 1967.

2. Богородицкий Н.П. Электротехнические материалы / Н.П. Богородицкий, В.В. Пасынков, Б.М. Тареев. – Л.: Энергия, 1977.

3. Базуткин В.В. Техника высоких напряжений / В.В. Базуткин, В.П. Ларионов, Ю.С. Пинталь. – М.: Энергоиздат, 1986.

Материал поступил в редакцию 10.11.10.

References

1. Neiman L.R. Teoreticheskie osnovy elektrotehniki. T.2. / L.R. Neiman, K.S. Demirchyan. – L.: Energiya, 1967. – In Russian.

2. Bogorodickii N.P. Elektrotehnicheskie materialy / N.P. Bogorodickii, V.V. Pasynkov, B.M. Tareev. – L.: Energiya, 1977. – In Russian.

3. Bazutkin V.V. Tehnika vysokih napryajenii / V.V. Bazutkin, V.P. Larionov, Yu.S. Pintal'. – M.: Energoizdat, 1986. – In Russian.

I.A. SEMKO, V.A. OSIPOV, G.E. SOLOVYEV

CORONA DISCHARGE AS ONE OF THE FACTORS OF DECREASE OF FIBER-OPTICAL COMMUNICATION LINES LIFE

The research results of the electrothermic degradation of fiber-optical communication lines caused by the external electromagnetic fields impact are offered.

Key words: *electromagnetic field, fiber-optics communication line, corona discharge, subarcs.*

УДК 004.31: 621.3.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А.П. ПОПОВ
(Омский государственный технический университет),
М.Р. ВИНОКУРОВ
(Донской государственный технический университет),
А.А. МОИСЕЕНКО
(Омский государственный технический университет)

Представлены результаты моделирования работы цифровой части микропроцессорного устройства, описанного в статье [1].
Ключевые слова: *моделирование, микроконтроллер, вращающий момент, асинхронный двигатель, импульсный датчик оборотов.*

Введение. В настоящее время наблюдается широкое применение различных микропроцессорных устройств различного назначения во многих отраслях промышленности. Это обусловлено невысокой стоимостью микроконтроллеров, например, серии Atmel AVR-8, их высокой надежностью и наличием на рынке широкой номенклатуры ЖК-индикаторов и датчиковой аппаратуры [2].

В работе [3] представлен бесконтактный датчик момента. Однако в рассматриваемом устройстве отсутствует упругий элемент и используется один индукционный датчик оборотов, а само устройство предназначено для привода с асинхронным двигателем (АД). Моделирование осуществлено в программной среде *Proteus* компании *Labcenter Electronics* (Великобритания). Данная среда представляет собой пакет программ для схемотехнического моделирования, базирующихся на основе моделей электронных компонентов. Отличительной чертой среды *Proteus* является возможность моделирования работы программируемых устройств, таких как микроконтроллеры.

Постановка задачи. В настоящей работе для моделирования разрабатываемого микропроцессорного устройства необходимо:

– осуществить моделирование первичных источников сигналов, таких как датчики и первичные преобразователи;

– выполнить моделирование схем, осуществляющих приведение уровней сигналов первичных датчиков до уровней, которые могут быть поданы на входы микроконтроллера;

– составить схему обеспечения работы микроконтроллера;

– составить управляющую программу для используемого типа микроконтроллера.

Метод и результаты исследования. Для моделирования разрабатываемого устройства была составлена структурная схема (рис.1), где устройство подразделено на блоки с указанием формы входных сигналов. Как видно из рис.1, устройство содержит два первичных источника сигналов: датчик напряжения и импульсный датчик оборотов, а также две схемы приведения уровней сигналов: блок смещения уровня и формирователь импульсов. Пройдя необходимые преобразования, обработанные сигналы подаются на входы микроконтроллера, где осуществляется дальнейшая их обработка в соответствии с управляющей программой микроконтроллера.

Для моделирования рассматриваемого устройства была разработана программа на языке *Си* для микроконтроллера типа *Atmel Atmega* 32 [4, 5], которая осуществляет:

– управление работой периферийных устройств, таких как блок внешних прерываний, таймер и АЦП;

– регистрацию измеренных значений и сохранение их в оперативной памяти микроконтроллера;

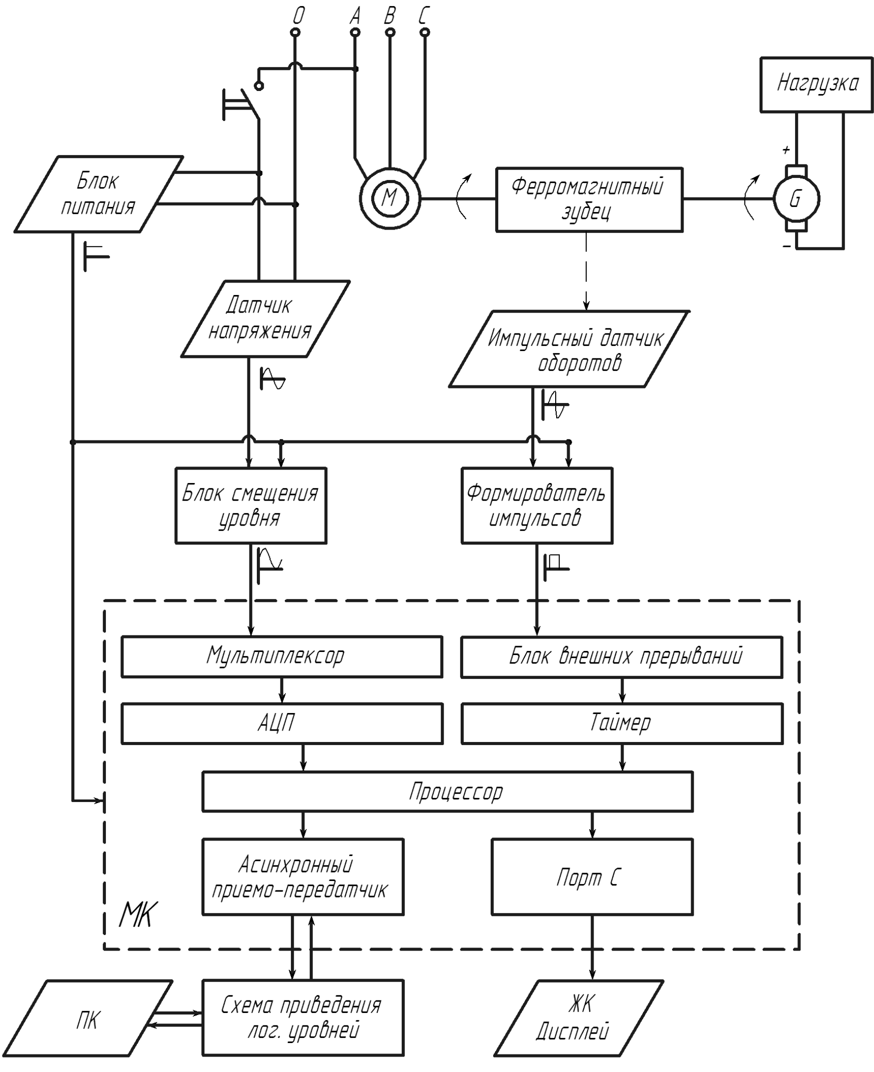


Рис.1. Структурная схема моделируемого устройства

– усреднение и расчет скольжения s асинхронного двигателя по известной частоте вращения магнитного поля статора и по измеренной частоте вращения ротора:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}, \quad (1)$$

где n_1 – синхронная частота вращения электромагнитного поля статора;

– расчет действующего значения напряжения фазы статора;

– расчет вращающего момента АД по выражению [6]:

$$M = \frac{m \cdot p \cdot T \cdot R_2'}{2\pi \cdot s} \cdot \frac{U_1^2}{(R_1 + R_2'/s)^2 + (X_1 + X_2')^2}, \quad (2)$$

где m – число фаз обмотки статора; p – число пар полюсов двигателя; T – период вращения ротора; R_2' – приведенное активное сопротивление ротора; R_1 – активное сопротивление статора; X_2' – приведенное реактивное сопротивление рассеяния ротора; X_1 – реактивное сопротивление рассеяния статора.

Для моделирования устройства в программной среде *Proteus* была составлена его упрощенная принципиальная схема с использованием библиотечных компонентов (рис.2).

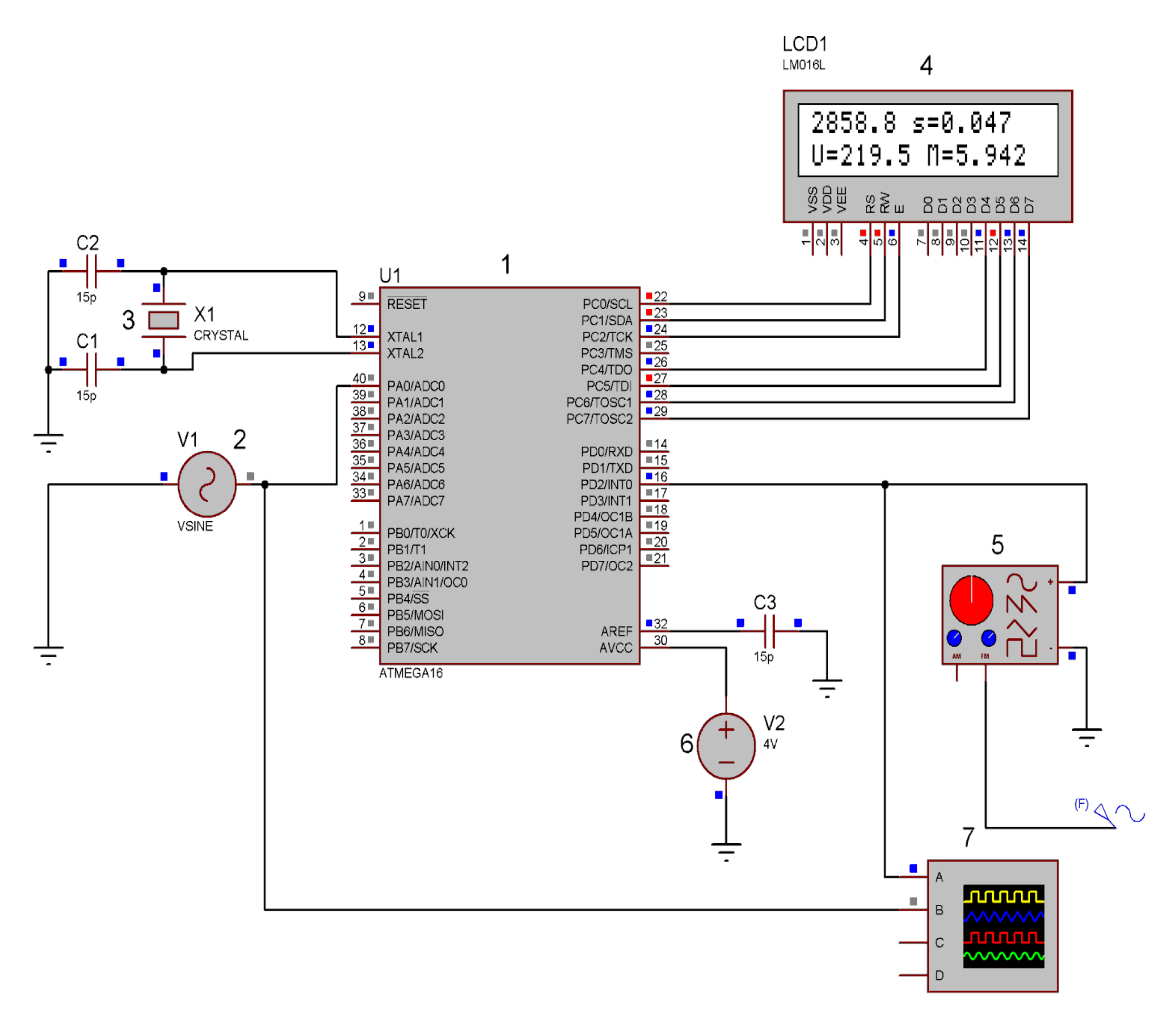


Рис.2. Электрическая схема для моделирования микропроцессорного устройства контроля момента АД в программной среде *Proteus*

Каждый компонент в программной среде *Proteus* обладает набором параметров, изменяя значения которых можно выполнить моделирование необходимых схем и узлов. Выходной сигнал импульсного датчика оборотов моделируется с помощью импульсного генератора 5, при этом ширина выходных импульсов изменяется по синусоидальному закону, что позволяет осуществлять моделирование при изменяющейся скорости вращения двигателя. Выходной сигнал импульсного датчика 3 подается на вход PD2 микроконтроллера 1 и поступает на блок внешних прерываний 7 (INT0), затем программа выполняет расчет периода вращения и скольжение s по формулам (1) и (2). Сигнал датчика напряжения моделируется с помощью синусоидального источника 2 и поступает на порт АЦП ADC0 микроконтроллера 1. Опорное напряжение АЦП принято равным напряжению питания АЦП, которое обеспечивается источником постоянного напряжения 6. В процессе работы устройства в течение двух секунд происходит накопление и усреднение показаний с импульсного датчика оборотов и датчика напряжения питания.

По истечении этого времени осуществляется вычисление вращающего момента по усредненным значениям скольжения и напряжения питания с использованием эквивалентной схемы замещения АД, а затем выводим измеренные данные на ЖК-дисплей 4 (см. рис.2).

Далее было выполнено моделирование работы устройства для тринадцати значений оборотов ротора n_2 АД (т.е. для тринадцати значений нагрузки на валу АД) при скорости вращения поля статора 3000 об/ мин. В программе были использованы паспортные данные асинхронного двигателя типа 4А80А2У3:

– номинальное напряжение – 220/380;

– номинальная мощность – 1,5 кВт;

– номинальная частота вращения ротора – 2835 об/мин;

– параметры схемы замещения двигателя при работе в номинальном режиме:

X_1=3,39 Ом, R_1=5,59 Ом, X_2'=5,4 Ом, R_2'=3,27 Ом,

X_0=166,65 Ом, R_0=5,59 Ом.

Результаты моделирования приведены в таблице.

Результаты моделирования устройства

Номер измерения	Частота вращения n_2, об/мин	Скольжение s	Напряжение $U_ф$, В	Вращающий момент M, Н·м
1	2859	0.047	218.8	5.935
2	2878	0.041	217.2	5.481
3	2883	0.039	217.6	4.949
4	2892	0.036	219.3	4.622
5	2906	0.031	217.3	4.031
6	2917	0.028	219.1	3.714
7	2921	0.026	218.2	2.974
8	2935	0.022	218.9	2.867
9	2944	0.019	218.9	2.576
10	2951	0.016	219.6	2.243
11	2962	0.013	219.4	1.658
12	2971	0.010	217.2	1.281
13	2989	0.004	217.1	0.821

Изложенный в данной статье материал может быть использован в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Выводы. Компьютерное моделирование устройства с использованием программы *Proteus* подтвердило правильность функционирования программы, разработанной авторами [2], что позволило в кратчайшие сроки реализовать недорогой действующий образец микропроцессорного устройства контроля момента асинхронного двигателя и учебный лабораторный стенд по дисциплине «Электрические машины» для студентов, обучающихся по электротехническим специальностям.

Библиографический список

1. Попов А.П. Способ и микропроцессорное устройство контроля вращающего момента асинхронного двигателя / А.П. Попов, А.А. Моисеенко // Омское время – взгляд в будущее: материалы регион. молодеж. науч.-техн. конф. – Омск: Изд–во ОмГТУ, 2010. – Кн.2. – С.108-111.

2. Болл С.Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров / С.Р. Болл. – М.: Додэка – XXI, 2007. – 360 с.

3. Попов А.П. Микропроцессорная система бесконтактного контроля и измерения крутящего момента / А.П. Попов, М.Р. Винокуров, А.А. Моисеенко // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т.10. – №2(45). – С.243-248.

4. Моисеенко А.А. Программа микроконтроллера для вычисления вращающего момента асинхронного двигателя с использованием бесконтактного датчика оборотов / А.А. Моисеенко // Свидетельство об отраслевой регистрации. – №15567. – М., 2010.

5. Пат. 2227304 Российская Федерация. МПК7 G01P3/487. Устройство для измерения мгновенной скорости вращения / А.П. Попов, А.А. Горшенков; опубл. 20.04.2004, Бюл. №11.

6. Костенко М. П. Электрические машины: в 2 ч. / М.П. Костенко, Л.М. Пиотровский. – Л.: Энергия, 1973. – Ч.2. – 648 с.

Материал поступил в редакцию 01.11.10.

References

1. Popov A.P. Sposob i mikroprocessornoe ustroistvo kontrolya vraschayuschego momenta asinhronnogo dvigatelya / A.P. Popov, A.A. Moiseenko // Omskoe vremya – vzglyad v buduschee: materialy region. molodej. nauch.-tehn. konf. – Omsk: Izd–vo OmGTU, 2010. – Kn.2. – S.108-111. – In Russian.

2. Boll S.R. Analogovye interfeisy mikrokontrollerov / S.R. Boll. – M.: Dodeka – HHI, 2007. – 360 c. – In Russian.

3. Popov A.P. Mikroprocessornaya sistema beskontaktnogo kontrolya i izmereniya krutyaschego momenta / A.P. Popov, M.R. Vinokurov, A.A. Moiseenko // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2010. – T.10. – №2(45). – S.243-248. – In Russian.

4. Moiseenko A.A. Programma mikrokontrollera dlya vychisleniya vraschayuschego momenta asinhronnogo dvigatelya s ispol'zovaniem beskontaktnogo datchika oborotov / A.A. Moiseenko // Svidetel'stvo ob otraslevoi registracii. – №15567. – M., 2010. – In Russian.

5. Pat. 2227304 Rossiiskaya Federaciya. MPK7 G01P3/487. Ustroistvo dlya izmereniya mgnovennoi skorosti vrascheniya / A.P. Popov, A.A. Gorshenkov; opubl. 20.04.2004, Byul. №11. – In Russian.

6. Kostenko M. P. Elektricheskie mashiny: v 2 ch. / M.P. Kostenko, L.M. Piotrovskii. – L.: Energiya, 1973. – Ch.2. – 648 s. – In Russian.

A.P. POPOV, M.R. VINOKUROV, A.A. MOISEYENKO

MODELING OF INDUCTION MOTOR TORQUE CONTROL MICROPROCESSOR

Simulation data of the digital part of the described microprocessor are presented.
Key words: *modeling, microcontroller, torque, induction motor, speed encoder.*

УДК 007:631.4

ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВВОДА ЭКСПЕРТНЫХ ЗНАНИЙ

В.П. ДИМИТРОВ
(Донской государственный технический университет),
Л.В. БОРИСОВА
(Институт энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета),
И.Н. НУРУТДИНОВА
(Донской государственный технический университет),
Е.В. БОГАТЫРЁВА
(Ростовский филиал Московского государственного университета технологии и управления)

Рассматриваются назначение и структура блока приобретения знаний экспертной системы для технического и технологического обслуживания сложных машин. Приведен пример интерфейса программной системы.
Ключевые слова: *экспертная система, нечеткие знания, коэффициент согласованности.*

Введение. При использовании сложной уборочной техники одной из важных задач является технологическая регулировка машины в полевых условиях. Эта задача относится к классу неформализованных задач принятия решений, а ее решение возлагается на оператора и зависит от его опыта и квалификации. Трудности с выбором значений регулируемых параметров комбайна и корректировкой технологических регулировок связаны с неопределенностью информации о факторах внешней среды, в которой функционирует зерноуборочный комбайн, а также сложностью взаимосвязей между факторами уборки, регулируемыми параметрами и показателями качества работы комбайна.

Одним из основных резервов повышения эффективности использования комбайнов является снижение временных затрат на настройку и технологические простои. Поэтому особого внимания заслуживают вопросы разработки систем информационной поддержки интеллектуальной деятельности оператора при проведении уборочных работ.

Перспективным направлением совершенствования методов технологической регулировки машин является разработка информационных систем поддержки принятия решений (экспертных систем) [1]. Экспертная система (ЭС) реализует функции:

– описание конструкции зерноуборочных комбайнов;
– предварительная настройка рабочих органов машины;
– корректировка технологических регулировок;
– поиск неисправностей в агрегатах и системах машины;
– объяснение полученных результатов;
– дополнение и редактирование знаний;
– помощь пользователю при работе с ЭС.

Специфические особенности предметной области и основные требования, предъявляемые к информационным системам, определили состав ее компонент. Рассматриваемая ЭС имеет стандартные блоки: блок ввода информации; база знаний; блок приобретения знаний; блок вывода; блок объяснения принятых решений; блок разрешения противоречий; блок управления; блок обучающей компоненты (рис. 1).

При разработке ЭС большое внимание уделено качеству программного обеспечения как одной из важнейших проблем современного программирования. Особенно актуальна эта проблема для систем, использующих методы искусственного интеллекта. В таких системах требования качества и эффективности программного обеспечения являются наиболее существенными.

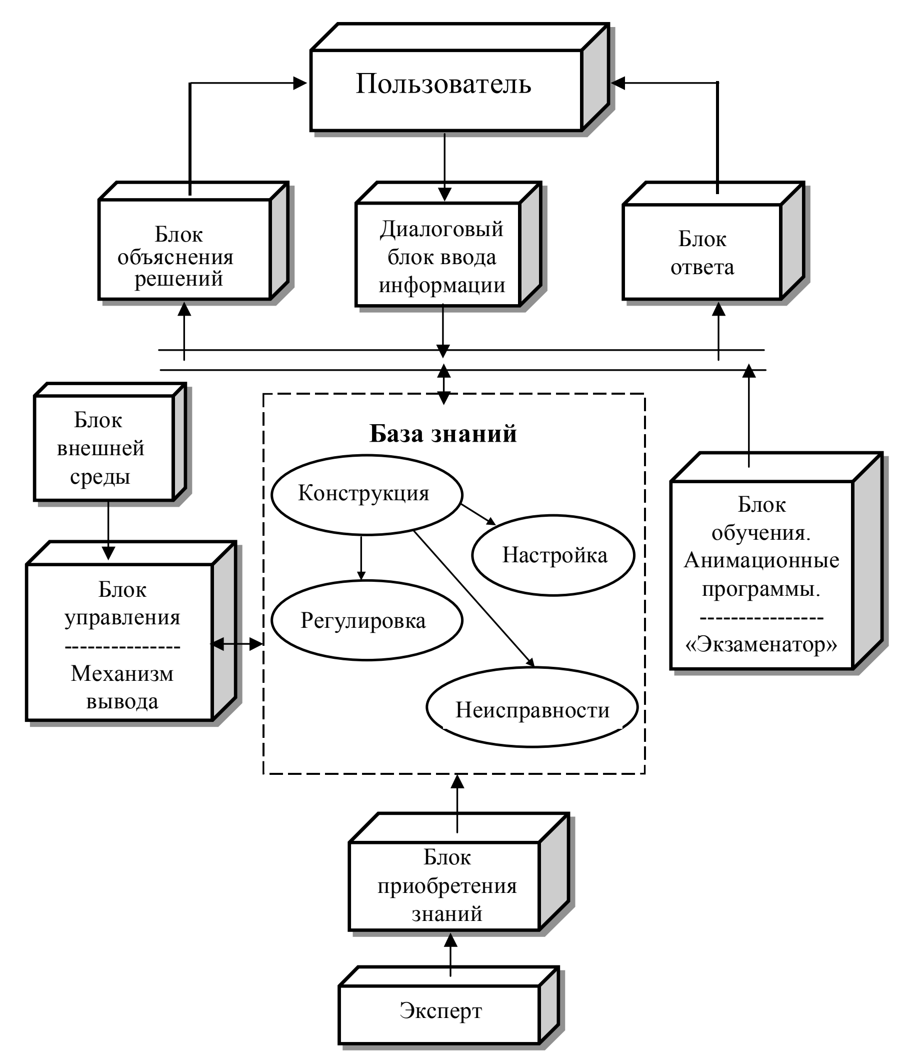


Рис.1. Структурная схема аппаратно-программного комплекса «Электронный эксперт»

Одной из главных компонент любого программного продукта, рассчитанного на широкое применение, является пользовательский интерфейс. В рассматриваемой системе используются три типа диалогов: диалог типа меню; диалог типа вопрос – ответ; диалог на основе экранных форм. Сценарий диалога с пользователем представлен в виде древовидного графа диалоговых процедур, в котором корневой элемент графа является точкой инициализации диалога, а терминальные элементы точками выхода. Помощь пользователю вызывается указанием курсора на строку в меню. При этом предоставляется текстовая информация о работе системы и о возможных действиях пользователя. Сущность структуры меню заключается в том, что у пользователя есть список возможных вариантов данных для ввода, из которого ему следует выбрать то, что требуется. Большое внимание уделено разработке эффективного интерфейса с пользователем, так как зачастую у пользователя нет достаточно развитых навыков работы на ПК. Поэтому наличие подсистемы помощи (подсказок) становится актуальным. Структурирование информации обеспечивает не только последовательную работу с текстом, как при обычном чтении, но и произвольный доступ к другим элементам (текст, графика). В информационных интеллектуальных системах используются подсистемы мультимедиа, которые существенно увеличивают наглядность и позволяют облегчить работу пользователей.

Для адаптации базы знаний ЭС к реальным условиям предусмотрена возможность загрузки в систему знаний, указанных экспертом, а также все стандартные функции: удаление знаний; редактирование знаний; дополнение знаний; чтение базы знаний; сохранение знаний.

Для дополнения базы знаний предусмотрен специальный режим работы с экспертом, который позволяет включать в базу знаний: состав объектов; характеристики объектов; описание функционирования объектов; правила, описывающие отношения входных и выходных признаков, и др.

Описание задачи. Ранее нами было показано [2], что задачи предварительной настройки и корректировки технологических регулировок – есть задачи принятия решения в нечеткой среде. Метод технологической регулировки включает помимо традиционных структурных составляющих компоненту, обеспечивающую информационную поддержку оператору (лицу, принимающему решение), а также автоматизацию принятия решений при проведении технологической регулировки комбайна (рис.2).

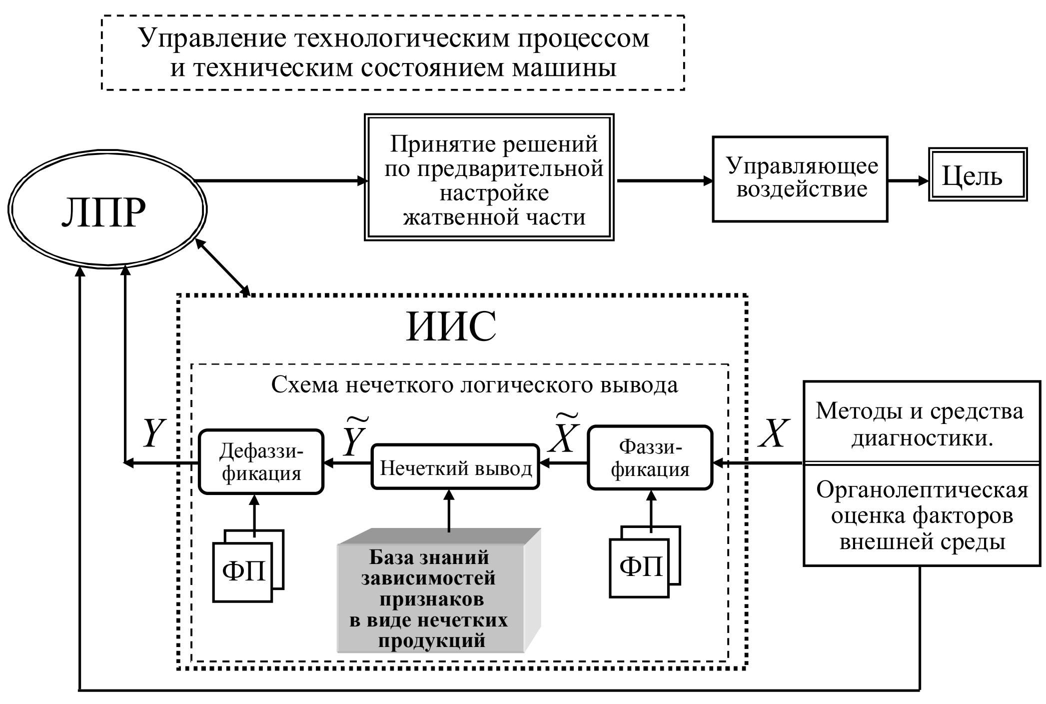


Рис.2. Структурная схема метода организации информационной поддержки принятия решений при предварительной настройке машины

При построении интеллектуальных информационных систем поддержки принятия решений в сфере эксплуатации сложных машин широко используются базы знаний, основанные на нечетких знаниях, т.е. нечеткие продукционные системы. Поэтому одним из актуальных является вопрос представления нечеткой экспертной информации. Для адекватного представления такой информации необходимо определить функции принадлежности (ФП) лингвистических переменных (ЛП) модели предметной области, в том числе установить оптимальное число термов ЛП. При этом множество значений ЛП должно быть таким, чтобы обеспечивалась максимальная согласованность экспертной информации.

Например, для описания признаков предметной области «технологическая регулировка зерноуборочных комбайнов» эксперты могут применять разные множества их лингвистических значений. В одном случае возникают трудности в связи с недостаточностью значений, в другом в

связи с их избыточностью. В результате чего следует ожидать увеличения нечеткости и рассогласованности поступающей от экспертов информации.

При анализе согласованности нечеткой экспертной информации вычисляются аддитивный и мультипликативный показатели общей согласованности, по их величинам формулируется суждение о согласованности моделей экспертного оценивания. Также строятся матрицы индексов нечёткости и показателей парной согласованности моделей экспертов [3]. Вышеупомянутые матрицы строятся как для отдельных термов функции принадлежности, так и по всем термам. Анализ этих матриц позволяет определить согласованность экспертной информации попарно и выделить эксперта (экспертов), оценки которого существенно отличаются от оценок остальных экспертов.

Программная реализация. Для автоматизации расчетов по оценке согласованности нечеткой экспертной информации разработана подсистема блока приобретения и корректировки знаний экспертной системы, который является одним из основных блоков интеллектуальных информационных систем (экспертных систем). Разработанная программа реализует следующие функции:

– ввод новых и редактирование имеющихся лингвистических переменных (рис.3);

– ввод количества и имен экспертов (рис.4);

– ввод числа и наименования термов для каждой лингвистической переменной (рис.5);

– выбор метода построения и вида функций принадлежности (рис.6);

– построение функций принадлежности для указанных термов (рис.7);

– расчет матриц парной согласованности К и индексов нечеткости D моделей X_i и X_j экспертов (рис.8 и 9).

– расчет аддитивного и мультипликативного показателей общей согласованности между моделями (рис.10).

На рис.3 в качестве примеров представлены лингвистические переменные «влажность зерна», «влажность хлебостоя» и «засорённость хлебной массы», при этом для каждой из них выбрано несколько термов, например, для переменной «влажность хлебостоя» используется 3-термовая («сухой», «нормальный», «влажный») и 4-термовая («сухой», «нормальный», «влажный», «очень влажный») модели. Здесь также указываются границы множеств лингвистических значений переменных: так, для лингвистической переменой «влажность хлебостоя» нижняя граница равна 9%, а верхняя – 22%. С целью универсальности и удобства пользователей границы лингвистической шкалы можно вводить как в нормированных величинах (таким образом представлена шкала лингвистической переменной «засорённость хлебной массы»), так и в единицах измерения переменной (для лингвистической переменой «влажность хлебостоя» нижняя граница равна 9%, а верхняя – 22%). Границы изменения лингвистических значений каждого из термов иллюстрируются графически. На рис.5 показаны границы изменения термов лингвистической переменной «влажность хлебостоя» для 3-термовой модели. Программа ввода предусматривает введение любого количества экспертов и их идентификацию по номерам или именам. На рис.4 введенно 5 экспертов, которые пронумерованы, в дальнейшем для добавления или корректировки информации каждый из них вводит данные под своим номером.

Построение функции принадлежности (ЛП Влажность зерна (4 терма))

Операции Справка Выход

Выберите лингвистическую переменную

Наименование	Нижняя граница	Верхняя граница	Пок-ль согл. (мульт)	Пок-ль согл. (адд)
Влажность зерна (4 терма)	9.0	22.0		
Влажность хлебостоя (3 терма)	9.0	22.0	0,607	0,617
Влажность хлебостоя (4 терма)	9.0	22.0	0,554	0,579
Засоренность (3 -1терма)	0.0	1.0	0,562	0,572
Засоренность (3 терма)	0.0	1.0	0,821	0,825
Засоренность (4 терма)	0.0	1.0	0,859	0,861
Засоренность (4-1 терма)	0.0	1.0	0,466	0,479
Засоренность (5 термов)	0.0	1.0	0,821	0,822
Засоренность (5-1 термов)	0.0	1.0	0,436	0,469

Рис.3. Окно ввода наименования лингвистической переменной, а также границ базовой шкалы

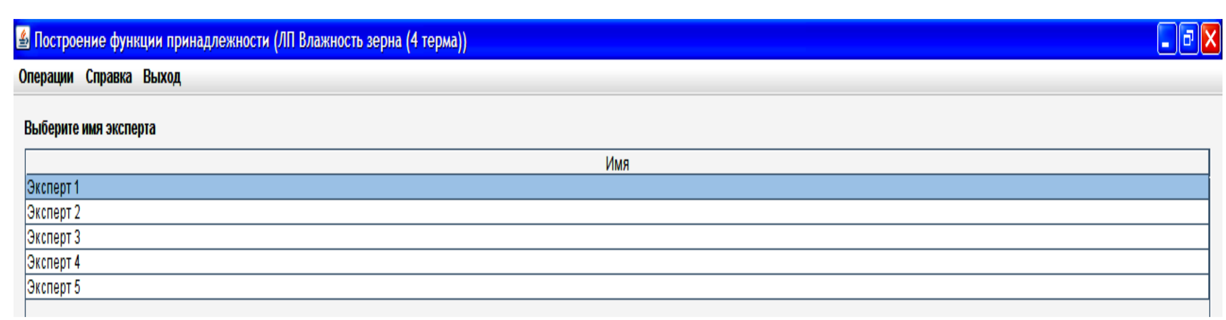


Рис.4. Окно ввода числа и наименования экспертов

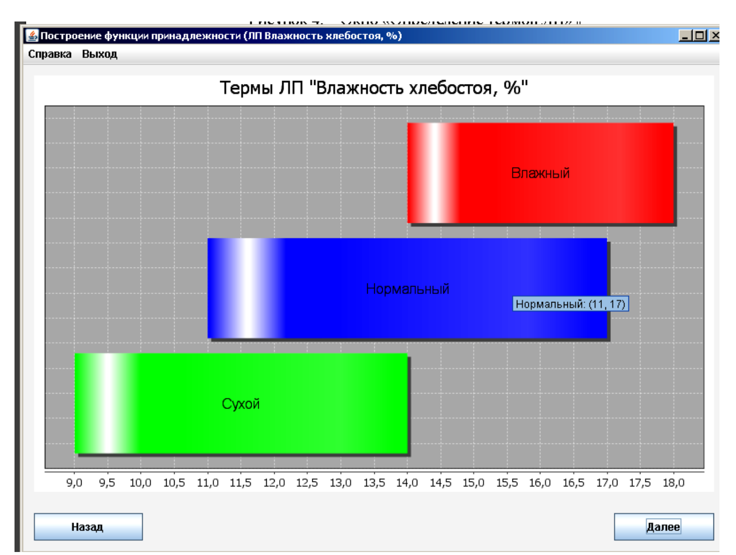


Рис.5. Графическое представление операции по определению термов ЛП

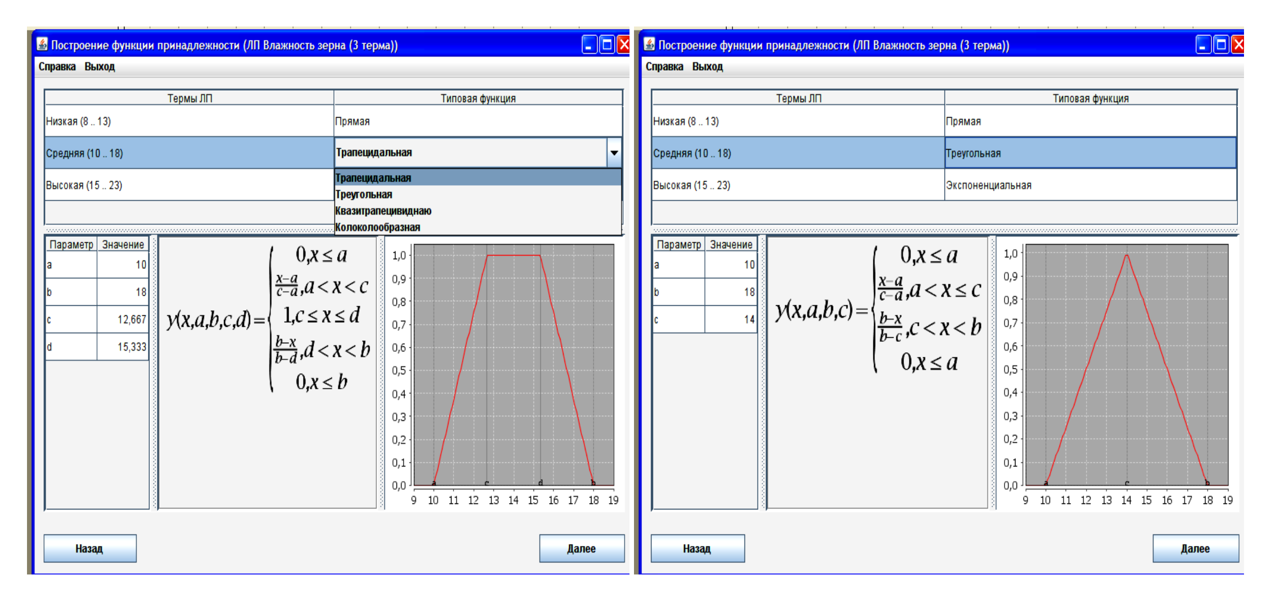


Рис.6. Определение значений параметров типовых функций для центрального терма ЛП

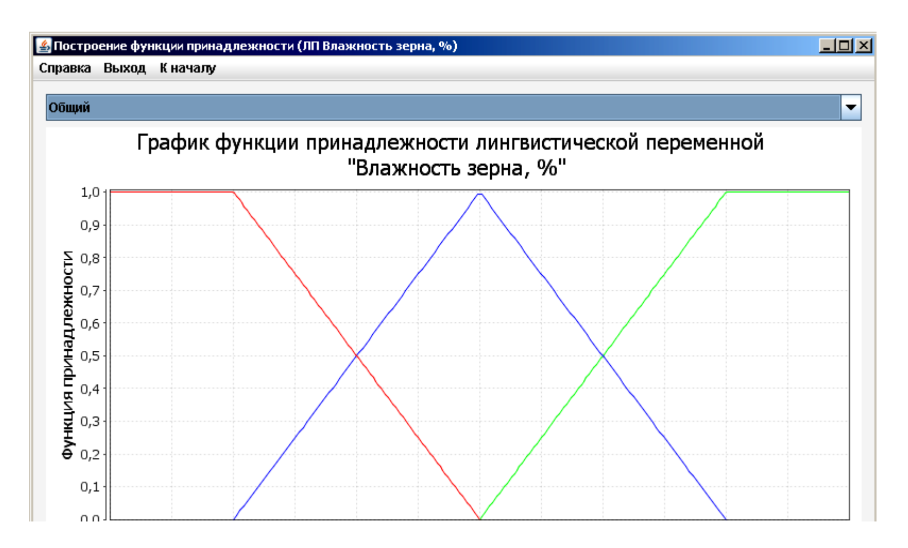
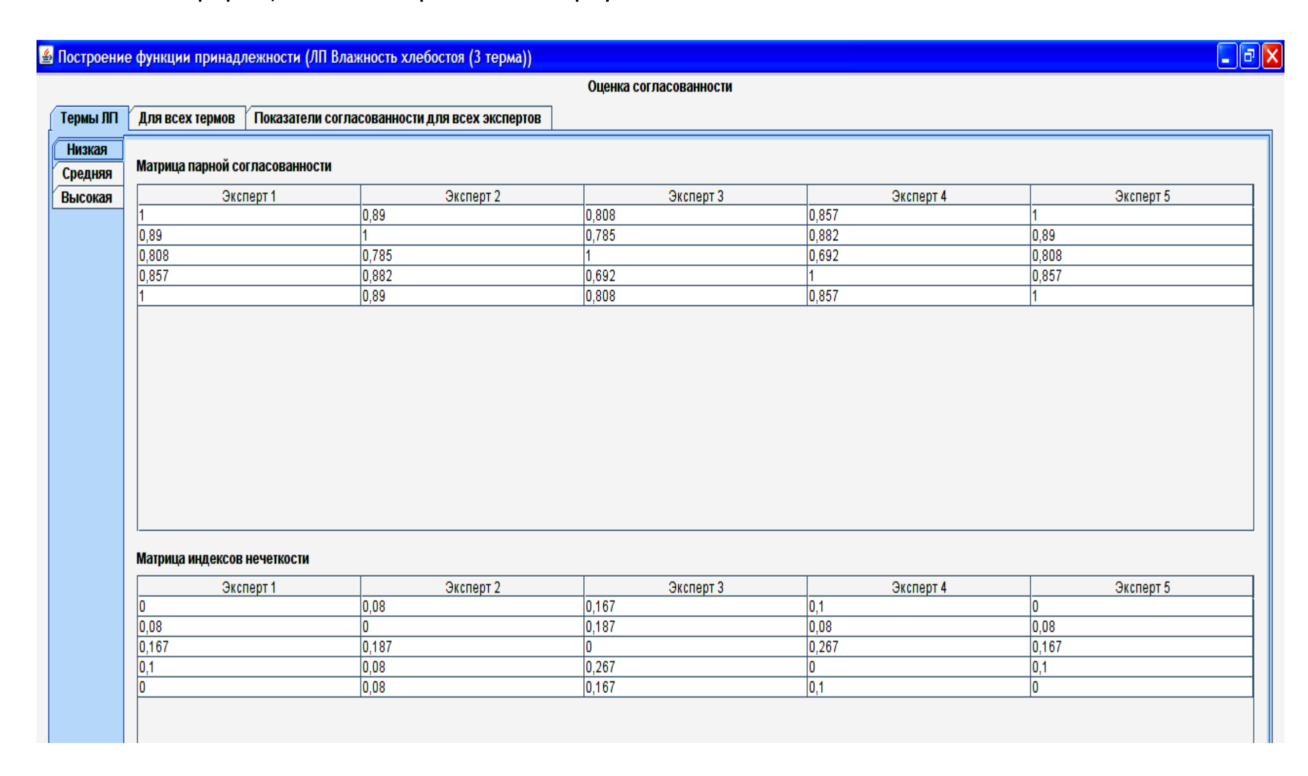


Рис. 7. График функции принадлежности ЛП

Для построения функций принадлежности предусмотрено использование различных функций (рис.6). На рис.7 приведён график функции принадлежности лингвистической переменной «влажность зерна» в 3-термовой модели, где для левого и правого термов выбрана трапецеидальная форма, а для центрального – треугольная.



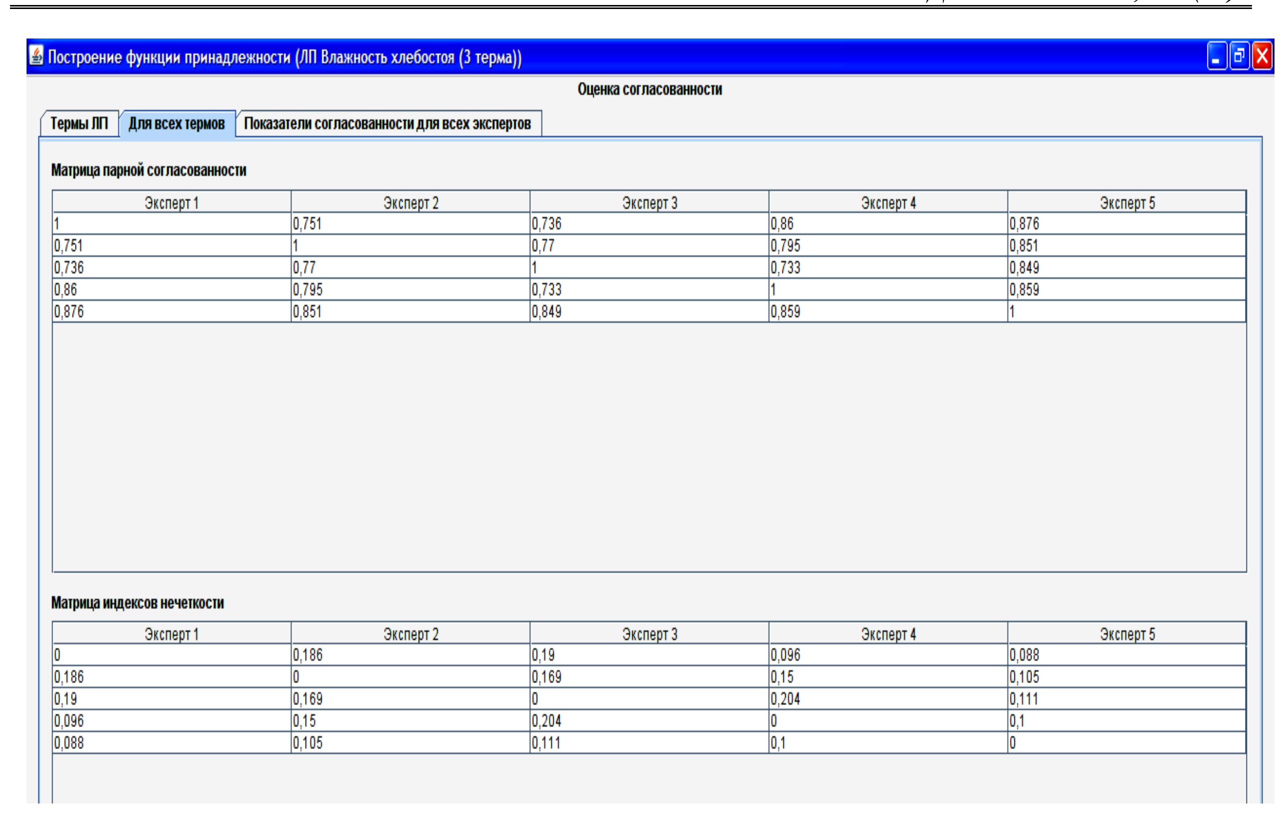
Матрица парной согласованности

Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
1	0,89	0,808	0,857	1
0,89	1	0,785	0,882	0,89
0,808	0,785	1	0,692	0,808
0,857	0,882	0,692	1	0,857
1	0,89	0,808	0,857	1

Матрица индексов нечеткости

Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
0	0,08	0,167	0,1	0
0,08	0	0,187	0,08	0,08
0,167	0,187	0	0,267	0,167
0,1	0,08	0,267	0	0,1
0	0,08	0,167	0,1	0

Рис. 8. Результат расчета матриц парной согласованности
и индексов нечёткости по каждому терму для всех экспертов



Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
1	0,751	0,736	0,86	0,876
0,751	1	0,77	0,795	0,851
0,736	0,77	1	0,733	0,849
0,86	0,795	0,733	1	0,859
0,876	0,851	0,849	0,859	1

Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5
0	0,186	0,19	0,096	0,088
0,186	0	0,169	0,15	0,105
0,19	0,169	0	0,204	0,111
0,096	0,15	0,204	0	0,1
0,088	0,105	0,111	0,1	0

Рис. 9. Результат расчета матриц парной согласованности и индексов нечёткости для всех термов



Рис. 10. Окно вывода общих результатов расчетов:
а – для 3-термовой модели; *б* – для 4-термовой

Для каждого из термов вычисляются матрицы парной согласованности и индексов нечёткости. На рис.8 изображено окно вывода этих матриц для терма «низкая» лингвистической переменной «влажность хлебостоя». Затем, как среднее арифметическое соответствующих элементов матриц для каждого терма определяются матрицы парной согласованности и индексов нечёткости по всем термам (рис.9). После чего находятся аддитивный и мультипликативный показатели согласованности, позволяющие оценить согласованность модели в целом. На рис. 10 представлены показатели согласованности для 3- и 4-термовых моделей функций принадлежностей лингвистической переменной «влажность хлебостоя». Программа позволяет оперативно реагировать на некорректную информацию, поступающую от эксперта, и при необходимости удалять её, заменять оценками другого экспертом либо в целях объективности вводить ещё несколько новых экспертов.

Таким образом, разработанная подсистема рассматривается как средство создания и ведения базы знаний, реализующее все необходимые функции настройки системы на конкретную предметную область: заполнение, редактирование, доступ к информации, хранящейся в базе знаний.

Выводы. Разработана подсистема ввода экспертных знаний, которая представляет собой инструментальную программную среду, позволяющую в интерактивном режиме создавать необходимые конфигурации экспертных систем (подсистем ввода знаний) с различными наборами лингвистических переменных и различными методами построения функций принадлежностей, а также выполняет анализ пригодности экспертной информации для использования на этапах композиции и формирования логического вывода.

Библиографический список

1. Борисова Л.В. К вопросу построения нечеткой экспертной системы продукционного типа для технологической регулировки машин / Л.В. Борисова, В.П. Димитров, А.К. Тугенгольд // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2008. – Т.8, №3(38) – С.278-287.

2. Димитров В.П. Особенности моделирования процесса принятия решений при технологической регулировке машин / В.П. Димитров, Л.В. Борисова // Мех. и электр. сельского хоз-ва. – 2009. – №4. – С.3-5.

3. Димитров В.П. Методика оценки согласованности моделей нечетких экспертных знаний / В.П. Димитров, Л.В. Борисова, И.Н. Нурутдинова // Вестн. Донск. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т.10, №2(45). – С.205-217.

Материал поступил в редакцию 20.12.10.

References

1. Borisova L.V. K voprosu postroeniya nechetkoi ekspertnoi sistemy produkcionnogo tipa dlya tehnologicheskoi regulirovki mashin / L.V. Borisova, V.P. Dimitrov, A.K. Tugengol'd // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2008. – T.8, №3(38) – S.278-287. – In Russian.

2. Dimitrov V.P. Osobennosti modelirovaniya processa prinyatiya reshenii pri tehnologicheskoi regulirovke mashin / V.P. Dimitrov, L.V. Borisova // Meh. i elektr. sel'skogo hoz-va. – 2009. – №4. – S.3-5. – In Russian.

3. Dimitrov V.P. Metodika ocenki soglasovannosti modelei nechetkih ekspertnyh znanii / V.P. Dimitrov, L.V. Borisova, I.N. Nurutdinova // Vestn. Donsk. gos. tehn. un-ta. – 2010. – T.10, №2(45). – S.205-217. – In Russian.

V.P. DIMITROV, L.V. BORISOVA, I.N. NURUTDINOVA, E.V. BOGATYREVA

PROGRAM SYSTEM FOR EXPERT KNOWLEDGE INPUT

Functionability and structure of the expert system input unit for engineering and technological service of the complex machinery are considered. Program system interface is given.

Key words: *expert system, fuzzy knowledge, consistency index.*

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 329.1:519.767(47+57)

СЕМАНТИКА ЭМБЛЕМ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ ПОЛИТИЧЕСКИХ ПАРТИЙ

А.В. БАБАЙЦЕВ
(Донской государственный технический университет)

В статье с позиций семиотики анализируются эмблемы партий, прошедших в результате выборов в Государственную Думу РФ в декабре 2007 г. Выявляется структура эмблем, их символические, графические, цветовые, текстовые и иные элементы. Выяснилось, что особенности партийных эмблем выражаются в архаизации, фольклоризации и конструируются на основе культурной диффузии, что позволяет им быть частями различных текстов, образуя «подвижные» семиотические системы.
Ключевые слова: *семантика, партийная эмблема, символ, цвет, графическая фигура, шрифт, структура.*

Введение. Избиратели очень редко рационально идентифицируют себя с какой-то политической партией. Чаще всего это происходит символически. К основным символическим идентификаторам прежде всего относятся партийные эмблемы. Политические субъекты влияют на массовое сознание, используя партийную эмблематику. Для того чтобы это воздействие было эффективным, необходимо четко представлять семантическое строение эмблем.

Основная часть. В силу того, что эмблематическое поле современной российской политики весьма обширно, для анализа были отобраны эмблемы лишь тех политических партий, которые представлены в Государственной Думе пятого созыва в результате голосования 2 декабря 2007 г. После выборов в российском парламенте оказались четыре партии: «Единая Россия» – 64,30% голосов избирателей; КПРФ – 11,57%; ЛДПР – 8,14%; «Справедливая Россия: Родина/Пенсионеры/Жизнь» – 7,74% [1].

Источником изображений партийных эмблем являются визуальные материалы, полученные из архива ЦИК РФ, – копии эмблем, сделанные с документов, предоставленных партиями в центральную избирательную комиссию; цветные плакаты, официально распространявшиеся ЦИК РФ [2], а также избирательные бюллетени. В результате анализа партийных эмблем необходимо будет определить, какие именно эмблематические элементы, какую закодированную при помощи семантических средств информацию передают потребителям символической «продукции». Изучая партийную эмблематику, мы будем опираться и на официальную трактовку эмблематических элементов (если она есть), и на семиотические средства анализа визуальной (графической и цветовой) символики. Партийные эмблемы также можно рассматривать как графические ассоциации «на заданную тему», а большое количество содержательно однородного материала позволяет применить классическую парадигму анализа вербальных ассоциаций, использовавшуюся Е.В. Черневич при исследовании рисунков-эмблем [3, с.100-104]. Правомерно применить и методику, разработанную Б. Эльбрюнном для исследования логотипов [4, с.34]. При анализе необходимо учесть символические, графические, цветовые, текстовые и пространственные детали партийных эмблем, направленность «движения» элементов, «глубину» эмблемы, ее содержание, особенности шрифта, представленное «время» и общее впечатление от композиции.

На выборах в Государственную Думу в 2007 г. партия «Единая Россия» использовала эмблему, существующую по настоящее время. Она представляет собой композицию, в верхней части которой расположено стилизованное изображение развевающегося полотнища с полосами равной ширины белого, синего и красного цвета, символизирующего флаг Российской Федерации, окаймляющего с правой стороны стилизованное изображение в сочетании белого и синего цвета силуэта медведя, развернутого правым боком к зрителю, под которым по всей ширине изображе-

ния полотнища буквами одинакового размера синего цвета горизонтально в два ряда изображена надпись: «ЕДИНАЯ РОССИЯ». Иногда цвета могут меняться местами: при изображении эмблемы на темном фоне надпись «ЕДИНАЯ РОССИЯ» исполняется буквами белого цвета [5].

Основным элементом партийной эмблемы «Единой России» является образ медведя. В нем отражаются социальные пристрастия российского народа, его взгляды и обычаи, мифопоэтические и фольклорные традиции.

Медведи (Ursus L.) – род хищных млекопитающих, семейства медвежьих. Представители этого рода – наиболее крупные из современных хищников. Они имеют относительно короткое, но мощное, туловище, а также массивные, стопоходящие, пятипалые конечности с большими когтями. У медведей густой, лохматый волосяной покров и короткий хвост. В России обитают три вида – бурый, черный и белый медведи [6, с.964-965]. Поведение этого животного противоречиво: он неповоротлив, неуклюж, косолап, но, несмотря на кажущуюся неловкость, медведь хорошо бегает и плавает, искусно лазает по деревьям [7, с.301]. Медведь обладает удивительным умением пользоваться при добывании пищи лапами: он так аккуратно может выкопать какой-нибудь корешок, что в этом месте остается лишь узкая изящная канавка, сделанная только двумя выдающимися вперед когтями указательного и среднего пальцев передней лапы. Трудно поверить, что такой мощный зверь с огромными лапами, как медведь способен выкопать настолько маленькую ямку [8, с.7]. Все это привело к тому, что медведь – амбивалентный символический образ. Антропоморфизации медведя способствовал, видимо, тот факт, что у него есть своеобразное мозолистое образование (плантарная мозоль на передней лапе и пальмарная на задней), которое оставляет на земле следы, абсолютно не похожие на следы других зверей, а оттиск задних ног медведя очень напоминает след человека.

В. И. Даль отмечает, что бурому медведю дано много имен: черный зверь, лапистый зверь, косолапый, куцый, косматый, мохнатый, мохнач, костоправ, лесник [9, с.141]. Общеславянское слово медведь имеет внутреннюю форму, оно образуется путем сложения двух основ: именной мед – меду из *medŭs и глагола есть из *ēdis (этот корень встречается в словах еда, съедать, съедение, съедобный, в устарелом слове снедь, в областном – снедать (принимать пищу, есть)). В соединившихся словах произошло изменение «у» на «в», так возникло имя медведь, буквально – «едящий мед», «медоед» [10, с.589; 11, с.260].

Большое количество названий медведя говорит о том, что это животное было тотемом, и на его исконное имя налагалось табу, а наиболее распространенным стало медведь. В регионах России складывались различные варианты наименований – косолапый, космач, лесник, хозяин и т.д. Кроме того, медведь в силу своего тотемного статуса, уважения и очеловечивания получает человеческие имена – Миша, Мишка, Михаил, Михайло, Михайло Иваныч, Михайло Потапыч, Михайло Иваныч Топтыгин. Видно, что встречаются как уменьшительно-ласкательные, так и официальные, уважительные, с именем, отчеством и фамилией. (Фамилия происходит от глагола «топтать», что означает приминать и придавливать ногами на ходу.) У медведицы тоже есть свои имена: Матрена, Аксинья, Настасья Филипповна. Маленький медведь – медвежонок – также имеет множество прозвищ – мишутка, медведик, мишенька, медвежатка. Ласковые имена есть и у взрослого медведя: медведушка, медведюшка, медвежатушка.

Эпитеты, которые употребляются при обращении к медведю, выражают к нему отношение как к человеку с высоким социальным статусом: «старик, одетый в шубу», «когтистый старик», «господин», «хозяин леса и гор», «владыка чащи», «князь зверей», «сын горного бога», «горный человек», «царь скал», «горный бог», «царь-человек». Кроме того, некоторые названия указывают на то, что медведь является богом: «священный зверь», «вещий лесной зверь», «мудрый священный зверь», «дорогое священное божество» [12, с.81].

Медведь у многих народов России одновременно является и зверем, и человеком, и божественным существом. Кроме того, у некоторых народов, населяющих Россию, существовало поверье, что медведь прежде являлся сверхъестественным существом и был спущен на Землю специ-

ально для того, чтобы карать грешников. Поэтому задранный медведем человек считался грешником, а если был убит медведь, предполагалось, что он прогневал божество и за это наказан [13, с.74]. По старинным поверьям, медведь сохранил в себе не только следы человеческой природы, он также обладает сакральным знанием. Медведя ни в коем случае нельзя считать злым, потому что хорошего человека он никогда не тронет. Карает медведь также тех, кто непочтительно о нем отзывается, даже в его отсутствие [14, с.81].

А. В. Скиперских обращает внимание на феноменологическую противоречивость политической легитимации образа медведя. Он считает, что современные технологии посылают массовому сознанию «сверхзакодированный» сигнал, и какие конкретно ассоциации будут «разбужены» этим сигналом, трудно определить: кто-то вспомнит картину И. И. Шишкина «Утро в сосновом бору», а кто-то конфеты «Мишка косолапый» [15, с.144]. Этот пример говорит о разновариантности раскодирования образа медведя, но в любом случае будет дешифровываться один и тот же символ. Вариации возможны, при этом интерпретации отбросят те ассоциации, которые вовсе не соотносятся с данным символом.

При выборе животных-символов имеют значения традиционные смыслы, которые вкладываются в тот или иной символический образ. В большинстве русских сказок главным персонажем является медведь. Он – царь леса, его все слушаются, он может быть как злым, так и добрым, но всегда – честным и справедливым и никогда хитрым и лицемерным. Медведь в эмблеме «Единой России» символизирует «хозяина территории россиян (своеобразного российского племенного объединения)» [16], начальника, строгого, но справедливого и честного. По словам официального представителя «Единой России» В.Р. Мединского, медведь был выбран партийной эмблемой, потому что это «самый позитивный зверь в лесу, у него нет недостатков. Он всегда такой добрый, самый сильный зверь. По русской былинной традиции он выполняет в лесу роль судьи, старшего товарища. И за рубежом Россия всегда ассоциируется с медведем» [17].

Медведь, изображенный в эмблеме партии «Единая Россия», воплощает в себе идеи мощи, силы, динамизма, активности, интенсивности, инициативности. О. Рябов и А. Лазари обращают внимание на то, что после распада СССР Россия нуждалась в национальном, объединяющем символе, который был бы противопоставлен как советской эпохе, так и Западу. Эта социальная потребность проявилась в создании новой модели мужчины, отличающегося и от «советского порабощенного коллективиста» (который не имеет личностных качеств), и от западного эгоцентричного, избалованного метросексуала [18]. С 1999 года, когда партия власти начала использовать в своей эмблеме образ медведя, животное-символ стало наделяться положительными коннотациями. Это было замечено в мире: медведь стал ассоциироваться именно с постельцинским периодом. В начале 2000-х гг. в западной прессе частыми были заголовки, где российская власть или политика ассоциировались с этим животным: «Русский медведь возвращается», «Пробуждение русского медведя», «Русский медведь играет мускулами». В 2007 г. на конкурсе World Press Cartoon первое место заняла карикатура, в которой президент В. В. Путин был представлен в облике медведя [18]. Теперь, когда президентом является человек с «медвежьей фамилией», символизм образа медведя в эмблеме «Единой России» многократно усиливается.

Движущийся медведь, помещенный в центральную часть эмблемы, создает зрительное представление о направленности вперед и энергичности, а правая сторона, куда устремлено животное, символизирует будущее. Цвета Государственного флага Российской Федерации, расположенные в самом верху, символизируют Россию, государство, власть. Нижняя часть эмблемы представляет собой символ земли (медведь уверенно ступает по гладкой, ровной и твердой поверхности). Название партии акцентирует внимание на идеи государственности. Положение букв создает ощущение спокойствия, стабильности, постоянства, устойчивости. Текст приложен к рисунку, а не составляет часть эмблемы. Он производит впечатление целостной фигуры, однородного текста, в котором все элементы отсылают к единому, гармоничному образу. Верхняя часть эмблемы семиотически соотносится со шлемом русских воинов, советских и российских космонавтов, хок-

кеистов и т. д., что выражает собой идеи защиты и успеха. Все это позволяет воспринимать эмблему позитивно. Как такового контура у эмблемы нет, что может символизировать идею распространения, расширения, укрупнения, охвата всего, готовности к общению и диалогу. Фон пронизывает сюжет со всех сторон, что усиливает символизм искренности, широты, движения. Эмблема гармонична как графически, так и хроматически: ее элементы взаимосвязаны четким пропорциональным строем, который упорядочивает зрительное и символическое восприятие изображения в целом. Эмблематический образ легко «читается», что предоставляет возможность быстро и без труда его обнаружить и интерпретировать. Он семантически и эмоционально насыщен, его композиция предельно лаконична. Некоторые авторы считают, что изображение медведя в эмблеме «Единой России» светлыми красками связано с тем, что более темные или черные тона вызвали бы у воспринимающих этот символ негативные ассоциации и эмоции [16].

В эмблеме присутствуют два основных цвета-архетипа – красный и белый из красно-бело-черной архетипической цветовой триады. В. Тэрнер выделяет ряд смыслов красного и белого. Красный – цвет жизни, крови, мужчины. Это символ связи матери и ребенка, что в свою очередь способствует формированию социальной организации, так как передача крови от поколения к поколению выступает своеобразным «маркером» членства в социальной группе. В то же время красный – цвет добычи, животной пищи, войны, смерти. Поэтому красный цвет в высшей степени амбивалентен: он связан как с положительными эмоциями и смысловыми рядами, так и с отрицательными. Белый – цвет жизни, здоровья, лунного света, женщины, силы, чистоты, цвет семени – символ союза мужчины и женщины, материнского молока – связи матери и ребенка. Красный и белый (наряду с черным, которого нет в эмблеме партии) трансцендентны человеческому сознанию, они позволяют контролировать социально-политические отношения, могут «увлечь человека», преодолев силу его сопротивления. Кроме того, цвета-архетипы имеют объединяющие значения [19, с.87-103]. Есть также и синий, символизирующий спокойствие, серьезность, монументальность. Основные ассоциации – небо, вечерние сумерки, даль, космос, бесконечность и вечность. Синий – самый трансцендентный и мистический цвет. Г.В.Ф. Гегель пишет, что «синее характеризует нечто более кроткое, тихое, осмысленное, взор, исполненный чувства» [20, с.233].

Партийная эмблема «Единой России» современна не только с точки зрения вложенных в нее значений (несмотря на использование древнего образа), но и своей динамичной стилистикой. Цветовая триада повторяется дважды. Присутствует катоптрический эффект, усиливающий символические значения эмблемы. Три расположенные рядом элемента (фрагментарная линейность) выражают отсутствие границы. Флаг, составленный из полос, создает ощущение поверхности, а медведь с бликами – глубины. Образ поверхности создают и буквы, символизирующие почву, землю, а развевающееся знамя – небо, воздух, пространство, свободу. Вся эмблема производит впечатление основательности, мощи, солидности, серьезности. В эмблеме ясно представлено будущее время. Присутствует четкая вертикальная и горизонтальная упорядоченность элементов, используются принцип «вещь в действии».

Эмблемой КПРФ является взаимоувязанные воедино серп, молот и открытая книга, символизирующие солидарность рабочих, крестьян и интеллигенции. Основанием эмблемы является аббревиатура «КПРФ». По окружности эмблемы расположены слова «РОССИЯ», «ТРУД», «НАРОДОВЛАСТИЕ», «СОЦИАЛИЗМ» [21].

Центральным символом эмблемы является изображение серпа и молота, при этом отсутствует один из основных элементов советской символики – красная звезда. Серп и молот – уникальный символ, у которого нет автора: изображение перекрещивающихся серпа и молота появляется одновременно, начиная с 1917 г., в разных российских губерниях [22, с.269]. Таким образом, именно *социальность* «вытолкнула» из народных масс тот символ, который был необходим, который смог наиболее полно выразить союз рабочих и крестьян в борьбе против помещиков и буржуазии. Некоторые авторы обращают внимание на семантическую схожесть символа серп и молот с христианским и мусульманским символами, что вполне определенно влияло на социум и

позволяло добиваться политическим субъектам весьма положительных социальных эффектов [23, с.77]. Книга – образ, ранее не употреблявшийся в сочетании с серпом и молотом, – является символом мудрости, знания, высокой культуры. В данном случае символизирует интеллигенцию.

Аббревиатура партии «КПРФ» изображена современным шрифтом, являющимся символом устойчивости, постоянства, силы. Показательно, что некоторое время партия использовала старославянский шрифт, который отсылал не к интернациональным, а к традиционно русским ценностям. Основную часть эмблемы обрамляет круг, составленный из слов, набранных прописными буквами: «РОССИЯ», «ТРУД», «НАРОДОВЛАСТИЕ», «СОЦИАЛИЗМ». Эти слова-символы представляют основные партийные ценности.

Центральная геометрическая фигура, присутствующая в эмблеме, – круг. Она выражает идеи гармонии, совершенства, вечности, полноты, динамизма. Эта графема имеет отношение к комплексу простейшей, первоначальной символики, соотносящейся с солнечным диском или движением Солнца по небосводу [24, с.80-88]. Эмблема имеет форму замкнутого пространства, помещенного в круг, отделяющего ее от любого внешнего фона. Это символизирует то, что партия не готова сразу же, легко устанавливать социально-политические контакты, говорит об автономии, отделении, изоляции, обособленном положении на политической арене.

Гармонизирующим элементом эмблемы КПРФ выступает ритм контурных линий с ритмичным изменением кривизны. Символ кажется очень устойчивым, константным, неизменным, благодаря тому, что круг расположен на мощном основании аббревиатуры «КПРФ». Эмблема партии независима от окружающего фона. Этот символический эффект удается получить при помощи четких, ясных линий. Они подтверждают границы эмблемы, что создает возможность использовать ее в любом контексте, на любых поверхностях самых различных предметов. Композиция символа основана на применении хроматических контрастов (белый – красный), взаимосвязь которых усиливает выразительность, целостность и согласованность всего изображения. Контрастными компонентами выступают мягкие, пластичные линии и жесткие стреловидные элементы серпа и молота.

Имеет значение также цветовая гамма всей эмблемы. Революционный красный традиционно используется пролетарскими организациями, что подчеркивает интернациональный смысл партийного символа. Применяется и белый цвет. Эмблема партии состоит из двух цветов-архетипов, противопоставленных по принципу бинарной оппозиции (прерывности). Присутствуют пять элементов (серп, молот, книга, кайма, аббревиатура), наложенных друг на друга, определена четкая граница. Используются четкие символы, с «богатой» семантикой. Общее представление от эмблемы – серьезность, последовательность, логичность. Время в эмблеме – настоящее. Архитектоника рисунка строгая и свободная, композиционное построение равномерное. Последовательное расположение элементов в эмблеме – символ рациональности, порядка, системы. Эмблема легко «читается», ее можно применить к различным объектам, она информативна, ее легко изменить в случае необходимости, она «способна» к развитию. К 2007 г. сформировался устоявшийся партийный образ, который идентифицирует Коммунистическую партию РФ, сплачивает «своих» и отвергает «чужих».

Официальная эмблема ЛДПР представляет собой прямоугольник синего цвета с соотношением сторон 2:3, с изображением на нем в центре краткого наименования партии «ЛДПР» буквами желтого цвета [25]. Долгое время эмблемой партии являлся щит голубого цвета, на котором изображалась Россия, окрашенная в розовый цвет, в границах до 1917 г., также присутствовал образ сокола, парящего в лучах восходящего солнца. Но в силу того, что эмблема ЛДПР представляла соединение разнородных элементов, массу мелких деталей, и воспринимающие ее были «оглушены» резким столкновением гладких и ломаных линий, светлых и темных, красных и синих пятен, а обилие мелких деталей не позволяло его печатать без искажений, она была превращена в герб ЛДПР, а эмблемой стала другая композиция.

Эмблема ЛДПР состоит из прямоугольника, аббревиатуры, синего и желтого цветов. Прямоугольник – геометрическая фигура, которая впервые возникает в практике землеустройства, переходя впоследствии в храмовое строительство [26, с.271]. Эта графема семантически соотносится с квадратом, символизирующим устойчивость, постоянство, основательность. Квадрат диалектически уравновешивает противоположности, воплощая собой идею структуры, порядка, совершенства, целостности, пропорциональности, безопасности. Эта графема также имеет значения пунктуальности, организованности, осторожности, ограниченности. Несомненно, квадрат противостоит «динамическим» графемам (кругу, спирали, кресту, треугольнику), являясь наиболее статичной фигурой [27, с.141]. Именно поэтому человек чувствует сильное напряжение, если хочет заставить прямые стороны и прямые углы квадрата выразить движение [28, с.75].

Аббревиатура партии изображена «спокойным», прямым шрифтом, который символизирует деловитость и солидность. Синий цвет фона «иллюстрирует» логичность, последовательность, основательность, серьезность, а желтый – выражает несдерживаемую экспансивность, раскованность, полную радостных надежд изменчивость. Психологические эксперименты показали, что если синий – это наиболее «серьезный», то желтый – наиболее «веселый» цвет, настраивающий человека на интерес к внешнему миру, на общение, контактность, эмоциональную вовлеченность и коммуникабельность [29, с.79-83]. М. Люшер говорит о том, что желтый – самая светлая краска, поэтому она воздействует легко и живо. Главная характеристика желтого, утверждает М. Люшер, – «отражение света», что символизирует беспрепятственное распространение и освобождение [30, с.195]. Сочетание синего и желтого в эмблеме партии выражает одновременно серьезность и веселость, рассудительность и безрассудство, рациональность и эмоциональность.

Объект (квадрат) и его элементы (буквы аббревиатуры) имеют четкие границы. Эмблема представлена в двух измерениях, «движение» букв – вертикальное, а прямоугольника – горизонтальное, создается ощущение поверхности. В эмблеме используется «пестрый» колорит – сочетание синего и желтого. Прямоугольник и аббревиатура символизируют логичность и порядок, а цветовая гамма – противоречивость, двойственность, случайность. Время, представленное в эмблеме, – настоящее. Общее впечатление от эмблемы – противоречие логики графических фигур и «запутанного» цветового колорита.

Эмблема партии «Справедливая Россия: Родина/Пенсионеры/Жизнь» представляет собой композицию из следующих частей: стилизованного изображения развевающегося полотнища, состоящего из трех горизонтальных полос: верхней – белого, средней – синего и нижней – красного цвета (соотношение высоты полос к общей высоте флага составляет: белая – одна пятая, синяя – одна пятая, красная – три пятых), на красной полосе полотнища размещена горизонтальная надпись прописными буквами желтого цвета в две строки «Справедливая РОССИЯ»; горизонтальной надписи, расположенной под изображением полотнища по всей его ширине, прописными буквами красного цвета «РОДИНА ПЕНСИОНЕРЫ ЖИЗНЬ» [31].

Элементами партийной эмблемы, таким образом, являются два прямоугольника, зигзагообразные (волнистые) линии, белый, синий, красный и желтый цвета. Красный символизирует борьбу, движение вперед и имеет архетипические значения. Они усиливаются зигзагообразной линией, которая образуется в результате наложения прямоугольников. И если прямоугольник – символ стабильности, неизменности, постоянства, четкости и конкретности, то зигзаг – решительных, иногда спонтанных и непродуманных действий. Зигзаг, появляясь в эпоху неолита, символизирует воду, молнию, змею. Эта графема семантически связана с оппозицией движущих начал бытия: земли и неба, темного и светлого, мужского и женского и т. д. Графические фигуры в виде зигзага или волны выступают в значении оплодотворяющих сил земли, женского начала [32, с.74-83].

Эмблема представляет собой четыре цвета: белый, синий, красный, желтый. Первые цвета выражают идею непрерывности и естественности, а также российскую государственность, а желтый – величия, силы, власти, семантически соотносясь с золотыми серпом, молотом и звездой

на флаге СССР. Таким образом партия заявляет о том, что для нее значимыми являются как ценности современной России, так и Советской эпохи. Присутствует зеркальность: два прямоугольника, наложенных друг на друга со смещением вправо. Представлен контраст вертикальных и горизонтальных линий. Эмблема передана в двух измерениях, четко ограничена, ее движение осуществляется по горизонтали вправо, она создает впечатление глубины. Полосы символизируют небо, свет, пространство, а также поступательное движение (иногда неравномерное), обеспечивающее стабильность. Время эмблемы не вполне определено, лишь шрифт, наклоненный вправо, символизирует будущее.

Анализируя эмблемы, можно выявить некоторые закономерности. Употребляются конкретные символы, с богатой семантикой, простые сочетания элементов и цветовые контрасты. Лишь одна партия четко заявляет о себе как партия, которая стремится в будущее и готова к сотрудничеству («Единая Россия»). Три другие партии используют символы, выражающие только стремление к стабильности, постоянству, низменности, а если и движения, то очень незначительного и медленного. Также все эмблемы символически «сообщают» о том, какие ценности отстаивают партии. Эти ценности не иллюстрируются прямо, а передаются в зашифрованном графическими и хроматическими средствами виде.

Выводы. Итак, выявлены особенности формирования современной партийной политической символики в российском обществе, которые выражаются в архаизации, фольклоризации. Эмблемы конструируются на основе культурной диффузии, что дает возможность объяснения диссонанса политико-символического пространства. Символотворчество основано на создании узнаваемых «конструкций», которые соотносятся с конкретными политическими ценностями. Обнаруживается связь с выработкой таких элементов партийной эмблематики, способных впоследствии, входя в структуру эмблемы, создавать в массовом сознании определенные эталоны. Партийные эмблемы также имеют конструктивные возможности. Они могут складываться в «подвижные» системы, тиражироваться и транслироваться по различным информационным каналам.

Библиографический список

1. См.: Постановление ЦИК РФ от 8 дек. 2007 г. № 72/591-5 «О результатах выборов депутатов Государственной Думы Федерального Собрания РФ пятого созыва» // Рос. газета. – 11 дек. – 2007.

2. Письмо и приложение на 56 листах Бабайцеву А.В. за № 07-13/2794 от 31.07.07 от секретаря Центральной избирательной комиссии Российской Федерации Н.Е. Конкина.

3. См.: Черневич Е. В. Язык графического дизайна: материалы к методике художественного конструирования. – М.: Изд-во ВНИИТЭ, 1975.

4. Эльбрюнн Б. Логотип: пер. с фр. / под ред. С.Г. Божук. – СПб.: Издат. дом «Нева»; М.: «ОЛМА-ПРЕСС Инвест», 2003.

5. Единая Россия : Официальный сайт партии // Устав Всероссийской политической партии «Единая Россия» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.edinros.ru/er/rubr.shtml?110102#1.

6. Медведи (Ursus L.) // Сельскохозяйственная энциклопедия: в 6 т. / гл. ред. В.В. Мацкевич, П.П. Лобанов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Сов. энцикл., 1975. – Т. 3. – 1972.

7. Брэм А.Э. Жизнь животных: в 3 т. – Т.1. – Млекопитающие / ред. С. Кондратова. – М.: Терра-TERRA, 1992.

8. Пажетнов В. С. Бурый медведь / В. Пажетнов. – М.: Агорпромиздат, 1990.

9. Даль В.И. Иллюстрированный толковый словарь русского языка: современное написание: ок. 1500 ил. / В.И. Даль. – М.: Астрель: АСТ, 2006.

10. Фасмер Э.М. Этимологический словарь русского языка: в 4 т. – Т.2. (Е-Муж): пер. с нем. и доп. О.Н. Трубачева. – 2-е изд., стер. – М.: Прогресс, 1986.

11. Шанский Н.М. Краткий этимологический словарь русского языка. / Н.М. Шанский, В.В. Иванов, Т.В. Шанская. – 2-е изд., испр. и доп. / под ред. С. Г. Бархударова. – М.: Просвещение, 1971.

12. Васильев Б.А. Медвежий праздник / Б.А. Васильев // Сов. этнография. – 1948. – №4.

13. Соколова З.П. Культ животных в религиях / З.П. Соколова. – М.: Наука, 1972.

14. Попова А.М. Медведь в воззрениях русского старожилого населения Сибири / А.М. Попова, Г.С. Виноградов // Сов. этнография. – 1936. – №3.

15. Скиперских А.В. Образ «медведя»: феноменологический аспект политической легитимизации / А.В. Скиперских // Социол. исслед. – 2004. – №8.

16. Медведев М. Брендинг и параллельное позиционирование в избирательной кампании 2003 г. [Электрон. ресурс] // ЗАО «МЕЖДУНАРОДНЫЙ ПРЕСС-КЛУБ. ЧУМИКОВ PR И КОНСАЛТИНГ» Режим доступа: http://pr-club.com/PR_Lib/medvedev.doc.

17. См.: Зубченко Е. Самый позитивный зверь в Думе. Партийная символика, как и реклама, помогает политикам продать себя избирателям // Новые Известия. – 2006.— 24 нояб.

18. Рябов О., Лазари А. Россия – медведь [Электрон. ресурс] // ИноСМИ – Все, что достойно перевода. Режим доступа: http://www.inosmi.ru/world/20080520/241458.html.

19. Тэрнер В. Символ и ритуал / сост. В.А. Бейлис. – М.: Наука. Гл. ред. вост. лит., 1983.

20. Гегель Г.В.Ф. Лекции по эстетике. Система отдельных искусств // Гегель Г. В. Ф. Эстетика: в 4 т. – М.: Искусство, 1971. – Т. 3.

21. КПРФ: Официальный сайт // Устав политической партии. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://kprf.ru/party/charter/.

22. Лосев А.Ф. Проблема символа и реалистическое искусство. / А.Ф. Лосев. – 2-е изд., испр. – М.: Искусство, 1995.

23. См. об этом: Бойко Д.А. Истоки и развитие герба Армении в составе России // Гербовед. – 1996. – № 3.

24. См., напр.: Борисковский П.И. Древнейшее прошлое человечества. – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1979.

25. Либерально-Демократическая партия России : Официальный сайт партии // Устав политической партии [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.ldpr.ru/partiya/198/.

26. Лукач Д. Абстрактные формы эстетического отражения действительности / Д. Лукач. Своеобразие эстетического: в 4 т. – М.: Прогресс, 1985. – Т. 1.

27. См.: Тресиддер Дж. Словарь символов: пер. с англ. С. Палько. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.

28. Иттен И. Искусство цвета / И. Иттен: пер. с нем. – 4-е изд. – М.: Изд. Д. Аронов, 2007.

29. См.: Серов Н. В. Светоцветовая терапия. Смысл и значение цвета: информация – цвет – интеллект. – СПб.: Речь, 2001.

30. Люшер М. Оценка личности посредством выбора цвета // Драгунский В. В. Цветовой личностный тест: практ. пособие. – М.: АСТ, Мн.: Харвест, 2001.

31. Справедливая Россия: Родина/Пенсионеры/Жизнь : Официальный сайт партии. Программные документы. Символика партии [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.spravedlivo.ru/information/section_11/section_29/.

32. См., напр.: Голан А. Миф и символ. – 2-е изд. – М.: РУССЛИТ, 1994.

Материал поступил в редакцию 06.12.10.

References

1. Sm.: Postanovlenie CIK RF ot 8 dek. 2007 g. № 72/591-5 «O rezul'tatah vyborov deputatov Gosudarstvennoi Dumy Federal'nogo Sobraniya RF pyatogo sozyva» // Ros. gazeta. – 11 dek. – 2007. – In Russian.
2. Pis'mo i prilojenie na 56 listah Babaicevu A.V. za № 07-13/2794 ot 31.07.07 ot sekretarya Central'noi izbiratel'noi komissii Rossiiskoi Federacii N.E. Konkina. – In Russian.
3. Sm.: Chernevich E. V. Yazyk graficheskogo dizaina: materialy k metodike hudojestvennogo konstruirovaniya. – M.: Izd-vo VNIITE, 1975. – In Russian.
4. El'bryunn B. Logotip: per. s fr. / pod red. S.G. Bojuk. – SPb.: Izdat. dom «Neva»; M.: «OLMA-PRESS Invest», 2003. – In Russian.
5. Edinaya Rossiya : Oficial'nyi sait partii // Ustav Vserossiiskoi politicheskoi partii «Edinaya Rossiya» [Elektron. resurs]. Rejim dostupa:
http://www.edinros.ru/er/rubr.shtml?110102#1. – In Russian.
6. Medvedi (Ursus L.) // Sel'skohozyaistvennaya enciklopediya: v 6 t. / gl. red. V.V. Mackevich, P.P. Lobanov. – 4-e izd., pererab. i dop. – M.: Sov. encikl., 1975. – T. 3. – 1972. – In Russian.
7. Brem A.E. Jizn' jivotnyh: v 3 t. – T.1. – Mlekopitayuschie / red. S. Kondratova. – M.: Terra-TERRA, 1992.
8. Pajetnov V. S. Buryi medved' / V. Pajetnov. – M.: Agorpromizdat, 1990. – In Russian.
9. Dal' V.I. Illyustrirovannyi tolkovyi slovar' russkogo yazyka: sovremennoe napisanie: ok. 1500 il. / V.I. Dal'. – M.: Astrel': AST, 2006. – In Russian.
10. Fasmer E.M. Etimologicheskii slovar' russkogo yazyka: v 4 t. – T.2. (E-Muj): per. s nem. i dop. O.N. Trubacheva. – 2-e izd., ster. – M.: Progress, 1986. – In Russian.
11. Shanskii N.M. Kratkii etimologicheskii slovar' russkogo yazyka. / N.M. Shanskii, V.V. Ivanov, T.V. Shanskaya. – 2-e izd., ispr. i dop. / pod red. S. G. Barhudarova. – M.: Prosveschenie, 1971. – In Russian.
12. Vasil'ev B.A. Medvejii prazdnik / B.A. Vasil'ev // Sov. etnografiya. – 1948. – №4. – In Russian.
13. Sokolova Z.P. Kul't jivotnyh v religiyah / Z.P. Sokolova. – M.: Nauka, 1972. – In Russian.
14. Popova A.M. Medved' v vozzreniyah russkogo starojilogo naseleniya Sibiri / A.M. Popova, G.S. Vinogradov // Sov. etnografiya. – 1936. – №3. – In Russian.
15. Skiperskih A.V. Obraz «medvedya»: fenomenologicheskii aspekt politicheskoi legitimizacii / A.V. Skiperskih // Sociol. issled. – 2004. – №8. – In Russian.
16. Medvedev M. Brending i parallel'noe pozicionirovanie v izbiratel'noi kampanii 2003 g. [Elektron. resurs] // ZAO «MEJDUNARODNYI PRESS-KLUB. ChUMIKOV PR I KONSALTING» Rejim dostupa: http://pr-club.com/PR_Lib/medvedev.doc. – In Russian.
17. Sm.: Zubchenko E. Samyi pozitivnyi zver' v Dume. Partiinaya simvolika, kak i reklama, pomogaet politikam prodat' sebya izbiratelyam // Novye Izvestiya. – 2006.— 24 noyab. – In Russian.
18. Ryabov O., Lazari A. Rossiya – medved' [Elektron. resurs] // InoSMI – Vse, chto dostoino perevoda. Rejim dostupa: http://www.inosmi.ru/world/20080520/241458.html. – In Russian.
19. Terner V. Simvol i ritual / sost. V.A. Beilis. – M.: Nauka. Gl. red. vost. lit., 1983. – In Russian.
20. Gegel' G.V.F. Lekcii po estetike. Sistema otdel'nyh iskusstv // Gegel' G. V. F. Estetika: v 4 t. – M.: Iskusstvo, 1971. – T. 3. – In Russian.
21. KPRF: Oficial'nyi sait // Ustav politicheskoi partii. [Elektron. resurs]. Rejim dostupa: http://kprf.ru/party/charter/. – In Russian.
22. Losev A.F. Problema simvola i realisticheskoe iskusstvo. / A.F. Losev. – 2-e izd., ispr. – M.: Iskusstvo, 1995. – In Russian.
23. Sm. ob etom: Boiko D.A. Istoki i razvitie gerba Armenii v sostave Rossii // Gerboved. – 1996. – № 3. – In Russian.
24. Sm., napr.: Boriskovskii P.I. Drevneishee proshloe chelovechestva. – L.: Nauka. Leningr. otd-nie, 1979. – In Russian.

25. Liberal'no-Demokraticheskaya partiya Rossii : Oficial'nyi sait partii // Ustav politicheskoi partii [Elektron. resurs]. Rejim dostupa: http://www.ldpr.ru/partiya/198/. – In Russian.
26. Lukach D. Abstraktnye formy esteticheskogo otrajeniya deistvitel'nosti / D. Lukach. Svoeobrazie esteticheskogo: v 4 t. – M.: Progress, 1985. – T. 1. – In Russian.
27. Sm.: Tresidder Dj. Slovar' simvolov: per. s angl. S. Pal'ko. – M.: FAIR-PRESS, 1999. – In Russian.
28. Itten I. Iskusstvo cveta / I. Itten: per. s nem. – 4-e izd. – M.: Izd. D. Aronov, 2007. – In Russian.
29. Sm.: Serov N. V. Svetocvetovaya terapiya. Smysl i znachenie cveta: informaciya – cvet – intellekt. – SPb.: Rech', 2001. – In Russian.
30. Lyusher M. Ocenka lichnosti posredstvom vybora cveta // Dragunskii V. V. Cvetovoi lichnostnyi test: prakt. posobie. – M.: AST, Mn.: Harvest, 2001. – In Russian.
31. Spravedlivaya Rossiya: Rodina/Pensionery/Jizn' : Oficial'nyi sait partii. Programmnye dokumenty. Simvolika partii [Elektron. resurs]. Rejim dostupa: http://www.spravedlivo.ru/information/section_11/section_29/. – In Russian.
32. Sm., napr.: Golan A. Mif i simvol. – 2-e izd. – M.: RUSSLIT, 1994. – In Russian.

A.V. BABAITSEV

CURRENT RUSSIAN POLITICAL PARTIES EMBLEM SEMANTICS

A semiotic analysis of the emblems representing the parties elected to State Duma in December, 2007, has been carried out. The emblem structure, and their symbolic, graphical, colour, text and other elements are revealed. It has been found that emblem characteristics are expressed in archaization, folklorization, and are constructed on the ground of cultural diffusion. That permits them to be parts of different texts forming 'moving' semiotic systems.
Key words: *semantics, party emblem, symbol, colour, graphic figure, type, structure.*

УДК 33:502 (470.61)

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИРОДООХРАННЫХ ИНВЕСТИЦИЙ В ЭКОЛОГИЗАЦИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ

А.Е. САФРОНОВ
(Институт экономики и внешнеэкономических связей Южного федерального университета)

Представлена разработка инструментария, направленная на повышение инвестиционной активности предприятий различных форм собственности в области экологизации экономики. Предложена методика эколого-экономической оценки антропогенного воздействия промышленного предприятия на окружающую природную среду.

Ключевые слова: *экологизация, окружающая среда, антропогенное воздействие, эффективность производства, инвестиции.*

Введение. Отличительной чертой современного этапа социально-экономического развития России является то обстоятельство, что оно осуществляется в условиях глобального экологического кризиса, суть которого состоит в усилении антропогенных воздействий на все стороны жизнедеятельности людей.

В результате совокупной деятельности общества (производственная и непроизводственная сфера) объектом антропогенного воздействия в планетарном масштабе стали все природные оболочки Земли. Масштабы этого воздействия, осуществляемого без учёта системной организации взаимосвязи общества и природы, таковы, что изменились глобальные параметры природной среды и возникла реальная угроза подрыва динамического равновесия биосферы, складывающегося на протяжении геологических эпох.

Следует отметить особо, что главным источником ухудшения состояния природной среды и, как следствие, снижения качества жизни и уровня населения становится устаревшая технологическая структура промышленного производства.

Вследствие этого потребность перехода к экологически ориентированному развитию национальной экономики на основе осуществления экологизации производства на государственном и региональном уровнях приобретает особую актуальность.

При оценке экономической эффективности инвестиций в природоохранные мероприятия главным результатом является предотвращение экономического ущерба, а экологические платежи, взимаемые за загрязнение окружающей среды, позволят выработать стратегию повышения эффективности природоохранных инвестиций, способствующих экологизации производственной сферы.

Современный экономический инструментарий экологизации производственной сферы региона. В России практически нет ни одного крупного экономического региона, в котором за последние десятилетия не образовались бы зоны экологической напряжённости, приближающиеся в ряде случаев к критической отметке. В центральной России свидетельством исчезновения относительно чистых экосистем в обширном районе Русской равнины является постепенное смыкание загрязнений южно-европейского и центрального урбанизированных районов: даже в отдалённых северных районах имеет место загрязнение территорий солями тяжёлых металлов (таблица).

Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ,
отходящих от стационарных источников, тыс. т. [1]

ЮФО	1992	1995	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	1593	872	967	883,5	915,3	914,4	754,8	813	809,9	801,8	874,9	875,3	860

Неотъемлемой составной частью хозяйственного механизма в регионе должны быть инструменты регулирования, предусматривающие не только меры, направленные на принуждение хозяйствующих субъектов к охране окружающей среды путём нормативного регулирования и штрафных санкций, но и меры экономического стимулирования природоохранной деятельности, а также меры, стимулирующие экологически ориентированное научно-технологическое развитие производства.

Целью разработки такого инструментария является повышение инвестиционной активности предприятий различных форм собственности в области экологизации экономики. Реальный процесс инвестиционной деятельности по экологизации производства в регионе (предприятия) следует начинать с эколого-экономического анализа антропогенного воздействия промышленного предприятия на окружающую среду, в результате которого можно определить состояние окружающей среды в промышленном районе, а также эффективность природоохранной деятельности промышленного предприятия. Базой для эколого-экономической оценки могут служить данные экологического паспорта предприятия. Содержащаяся в экологических паспортах разнообразная информация о предприятии как источнике загрязнения окружающей среды полезна при управлении операциями.

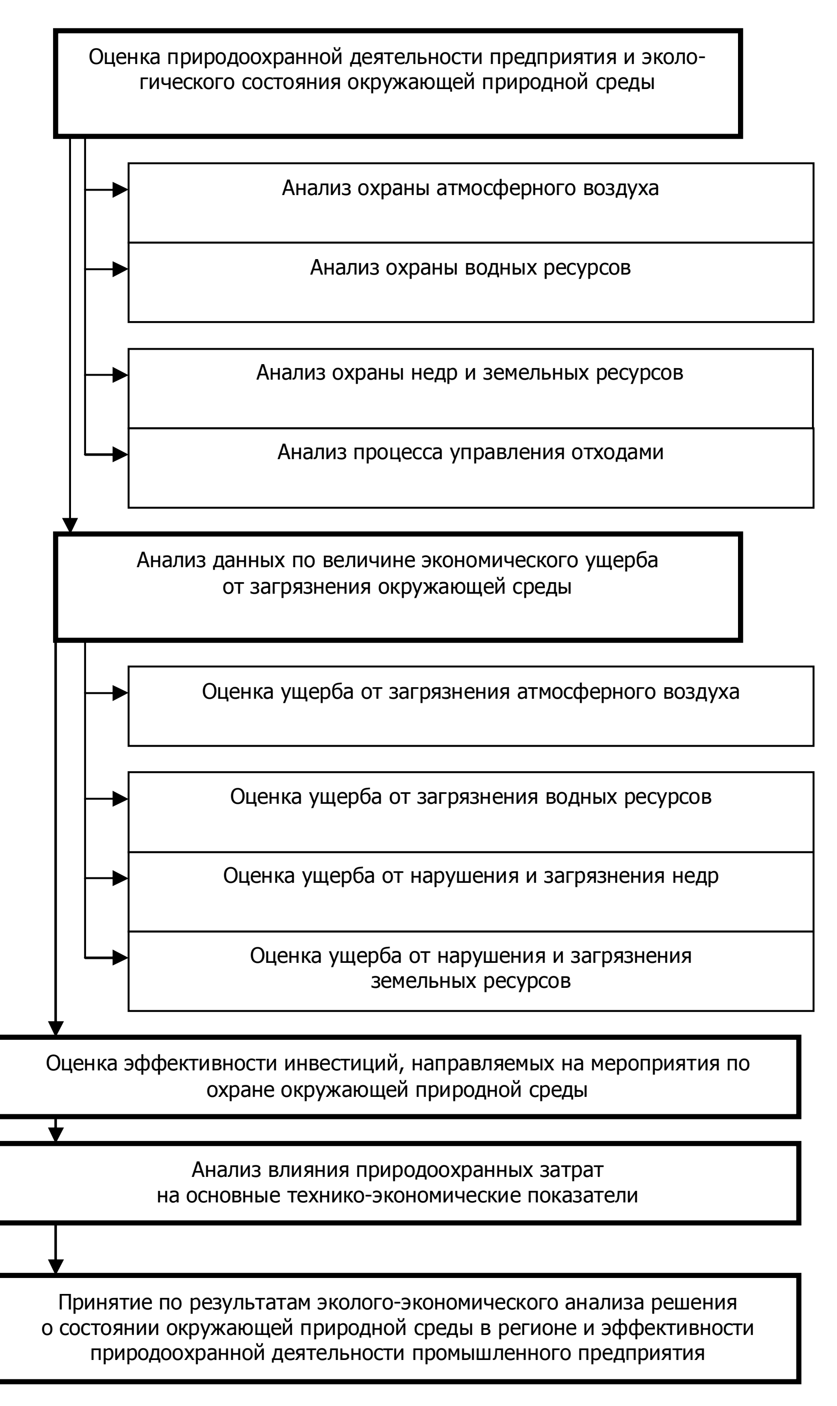
Оценка природоохранной деятельности предприятия и экологического состояния окружающей среды включает анализ охраны атмосферы, водных ресурсов, недр и земельных ресурсов, флоры и фауны. В анализе представляются: динамика валовых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ, динамика выбросов (сбросов) по видам загрязняющих веществ; сравнение фактической концентрации загрязнителей с предельно допустимой; сравнение фактических выбросов (сбросов) с предельно допустимыми. Кроме того, рассматриваются показатели образования, утилизации и выбросов вредных веществ; показатели водоиспользования и водоотведения; показатели образования, утилизации, размещения, использования в производстве отходов; показатели использования земельных ресурсов и недр. В свою очередь, анализ данных по величине экономического ущерба от загрязнения окружающей природной среды должен включать оценку ущерба от загрязнения атмосферы, водоёмов, от нарушения и загрязнения недр и земельных ресурсов.

Нами предложен алгоритм процесса эколого-экономической оценки антропогенного воздействия промышленного предприятия на окружающую природную среду, который позволит дать оценку природоохранной деятельности предприятия и экологического состояния окружающей природной среды (рисунок).

По результатам эколого-экономического анализа дана общая оценка природоохранной деятельности промышленного предприятия, в зависимости от которой принимаются решения о необходимости проведения дополнительных природоохранных мероприятий, о кардинальных изменениях природоохранной деятельности предприятия.

В особо критических случаях, когда антропогенное воздействие предприятия привело к необратимым изменениям в окружающей среде, может быть поставлен вопрос о прекращении хозяйственной деятельности предприятия.

Результаты эколого-экономического анализа являются информационной базой для составления экологического паспорта предприятия, используются для корректировки данных в ранее составленном экологическом паспорте.



Алгоритм процесса эколого-экономической оценки антропогенного воздействия промышленного предприятия на окружающую природную среду

Оценка эффективности инвестиций, направляемых на мероприятия по охране окружающей природной среды, включает изучение динамики следующих показателей в рассматриваемом периоде:

– размер инвестиций в охрану окружающей среды;

– удельный вес инвестиций в охрану окружающей среды в общем объёме инвестиций по предприятию;

– объём строительства природоохранных объектов (капитальные вложения, строительно-монтажные работы);

– удельный вес строительства природоохранных объектов в общем объёме капитального строительства по предприятию;

– освоение капитальных вложений на строительство природоохранных объектов;

– выполнение плана ввода природоохранных объектов в эксплуатацию;

– структура капитальных вложений в охрану окружающей среды (распределение капиталовложений на охрану атмосферного воздуха, водных ресурсов, земельных ресурсов, недр);

– удельные капитальные вложения в природоохранные мероприятия, рублей на рубль товарной продукции.

Оценка инвестиционных решений и их ранжирование осуществляются по критерию экономической эффективности. Необходимым условием при расчёте является оценка не только экономических, но и социальных, и экологических последствий осуществления инвестиционного проекта по экологизации производства.

При расчёте экономической эффективности мероприятий по экологизации необходимо учесть эффект во всех формах проявления: увеличение прибыли предприятия, сокращение издержек производства, улучшение качества окружающей среды, снижение объёма потребления природных ресурсов, повышение уровня жизни населения, снижение заболеваемости, улучшение условий труда и отдыха работников. В отдельных случаях, когда затруднена стоимостная оценка социальных результатов мероприятий по экологизации производства, возможно, использовать при отборе инвестиционных проектов качественную оценку их влияния независимыми квалифицированными экспертами.

Анализ влияния природоохранных затрат на основные технико-экономические показатели направлен на выявление взаимосвязи природоохранных показателей с общими экономическими показателями предприятия. В анализе отражаются следующие показатели:

– эксплуатационные затраты на производство товарной продукции;

– эксплуатационные природоохранные затраты;

– удельный вес природоохранных эксплуатационных затрат в общих затратах на производство товарной продукции;

– объём производства товарной продукции;

– затраты на производство, копеек в рубле товарной продукции;

– природоохранные затраты, копеек в рубле товарной продукции;

– объём капитальных вложений всего по предприятию;

– объём капитальных вложений на охрану окружающей среды;

– удельный вес капитальных вложений на охрану окружающей среды в общем объёме капитальных вложений по предприятию;

- среднегодовая стоимость основных фондов всего по предприятию;

- среднегодовая стоимость основных фондов природоохранного назначения;

- удельный вес среднегодовой стоимости природоохранных основных фондов в общей стоимости основных фондов по предприятию.

В методиках по оценке экономической эффективности затрат на природоохранные мероприятия эффект от затрат на охрану окружающей среды выражается в основном через снижение ущерба, наносимого окружающей среде промышленным предприятием. Но определение размера ущерба – процесс очень трудоёмкий, связанный с обработкой большого количества информации, требующий значительных финансовых затрат, поэтому на практике предприятия определяют экономический ущерб.

На наш взгляд, отличительной особенностью предложенной методики является использование в качестве показателей, характеризующих результат мероприятий по экологизации производства, платежей за пользование природными ресурсами и за загрязнения окружающей среды. Плата за загрязнение окружающей среды представляет собой форму возмещения экономического ущерба, причинённого выбросами и сбросами загрязняющих веществ, размещением отходов.

С реструктуризацией российской экономики на смену крупным монополиям пришли много мелких и средних предприятий, деятельность которых также оказывает определенное воздействие на состояние окружающей среды. В то время как крупные предприятия в нашей стране уже начинают сообщать в своих отчетах о проводимых экологических акциях и разработке систем экологического менеджмента, малые и средние предприятия не уделяют должного внимания эколого-экономическим проблемам.

По сравнению с крупными предприятиями они располагают небольшими финансовыми средствами, имеют существенно меньшие объемы производства и, следовательно, могут проводить, в основном, мероприятия, требующие небольших затрат. Кроме того, малые и средние предприятия меньше взаимодействуют с общественными организациями (НКО) и реагируют на их мнение зачастую с опозданием.

Перспективным моментом экологизации производства является организация экологического страхования. К сожалению, страхование экологических рисков в настоящее время не получило должного распространения. Страховые правоотношения в нашей стране осуществляются на основании «Типового положения о порядке добровольного страхования в РФ», которое недостаточно доработано. Но главная причина заключается не в этом, а в необязательном характере экологического страхования. Система страховых отчислений промышленных предприятий позволила бы финансировать работу по восстановлению окружающей среды.

Платежи за негативное воздействие на окружающую среду не ведут к выравниванию затрат на сокращение загрязнения, так как ставки платежей достаточно низки по сравнению с предельными затратами на сокращение выбросов; природоохранные органы располагают свободой в определении общего объема платежа. Нынешний принцип «загрязнитель платит» приводит к тому, что компании просто откупаются.

Для технологических систем индустриального этапа развития характерно известное противоречие, суть которого в том, что эволюционное развитие таких систем осуществлялось длительное время, главным образом, по критерию их экономической эффективности и продуктивности без учёта экологических требований и ограничений.

В условиях обострения социальных противоречий, экономической и политической нестабильности резко ограниченные финансовые ресурсы направляются на неотложные текущие социально-экономические нужды. Решение экономических и социальных проблем в субъектах РФ и особенно на местном уровне может не только осуществляться без учёта экологической ёмкости территории, но и за счёт сверхэксплуатации природных ресурсов. Возможно поощрение развития любых прибыльных отраслей материального производства в ущерб природной среде.

Объемы экологического инвестирования не могут быть ниже некоторого предельного значения в силу чисто физиологических условий выживания населения. Данные объемы следует соблюдать при любом состоянии экономики независимо от методов ее регулирования.

Заключение. Результатами прошедшего 27 мая 2010 года заседания президиума Государственного совета Российской Федерации, посвященного совершенствованию государственного регулирования в сфере охраны окружающей среды, являются предложения об изменении действующей системы платежей за негативное воздействие на окружающую среду. Предусматривается увязка уровня платежей с наличием инвестиций в природоохранные технологии на предприятии.

По имеющейся информации, Минприроды РФ предлагает увеличить к 2014 году плату за нанесение ущерба окружающей среде в 2,3 раза и в 3,4 к 2016 году. Эта мера будет отбирать у предприятий 1,1 процента от прибыли, что не может привести к кризису предприятий.

По нашему мнению, наряду с существующей системой платы за негативное воздействие на окружающую среду необходимо использовать зарубежный опыт прямых платежей за использование природных ресурсов и негативное воздействие на окружающую среду, включающих платежи за загрязнение окружающей среды, сборы за пользование природными ресурсами, мелиорацию, за воздействие на окружающую среду, дорожные сборы.

Возможно ввести для предприятий экологический налог, который включает экстерналии в стоимость продукта. Данный инструмент воздействует на экономические интересы производителей и потребителей продукции, оборот которой вызывает негативные экологические экстерналии.

В системе стимулирующих воздействий на экологизацию производства, на наш взгляд, существенную роль должны играть налоговая и кредитная политика, рыночные методы природоохранной деятельности; такого же мнения придерживаются многие специалисты [2, с.41]. В частности, представляется целесообразным дальнейшее развитие льготного налогообложения экологичных видов продукции и услуг с одновременной компенсацией соответствующих потерь бюджетных поступлений за счёт введения дополнительных налогов на экологически опасные товары и изделия. Принцип «фискальной нейтральности» должен выполняться на базе перечня поправочных коэффициентов к действующим и вводимым налогам. Основой для подобного перечня

может послужить система сертификации и стандартизации продукции и услуг по экологическому признаку.

По нашему мнению, введение новой системы нормирования негативного воздействия на окружающую среду, которая будет стимулировать внедрение экологически чистых технологий, установление эколого-экономически обоснованных платежей за природопользование и последующее создание Экологического фонда России, создали бы необходимые предпосылки для финансирования федеральных и региональных программ и проектов по охране окружающей среды.

Для практической реализации как международного, так и российского подходов к экологизации производственных и эксплуатационных процессов необходима методика, на основе которой ещё на стадии разработки технического задания, решая вопрос о выборе материалов или конструкции будущего изделия, можно было бы учесть не только соотношение технических требований и стоимости, но и оценить безопасность самого производственного процесса, а также спрогнозировать последующее влияние товара на окружающую среду по стадиям жизненного цикла в процессе эксплуатации.

Кроме того, нарастающее технологическое отставание усугубляет проблемы перехода к эколого-экономически сбалансированному развитию, поскольку в большинстве отраслей промышленности и без того высока степень физического и морального износа оборудования, велик удельный вес устаревших технологий, низкие темпы обновления продукции и производства. Поэтому целесообразно перейти от штрафных санкций за загрязнение окружающей среды к экологическому страхованию.

Экологический кризис в крупных городах приводит к необходимости экологизации экономики производства в программах социально-экономического развития, что подразумевает включение потребности в этих мерах в механизм стимулирования хозяйствующих субъектов и наличие финансовых ресурсов и техники (технологии), позволяющих эффективно осуществлять собственно процесс экологизации производственно-хозяйственной деятельности. При этом в качестве главного практического инструмента сопряжённости процессов хозяйственного (технологического) и биосферного развития выступают экологические ограничения (запреты) или стимулы, вводимые через соответствующие хозяйственный и правовой механизмы.

Библиографический список

1. Охрана окружающей среды в России: стат. сб. – М.: Росстат, 2009.
2. Экологические индикаторы качества роста региональной экономики / под ред. И.П.Глазыриной, И.М.Потравного. – М.: НИА-Природа, 2006.

Материал поступил в редакцию 22.11.10.

References

1. Ohrana okrujayuschei sredy v Rossii: stat. sb. – M.: Rosstat, 2009. – In Russian.
2. Ekologicheskie indikatory kachestva rosta regional'noi ekonomiki / pod red. I.P.Glazyrinoi, I.M.Potravnogo. – M.: NIA-Priroda, 2006. – In Russian.

A.E. SAFRONOV

APPROACHES TO ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF ENVIRONMENTAL INVESTMENTS IN PRODUCTION SPHERE GREENING

The toolkit intended to increasing the investment activity of the enterprises of diverse patterns of ownership in the economic ecologization has been developed. The ecological and economic evaluation technique for the human impact of an enterprise on the environment is offered.

Keywords: *ecologization, environment, human impact, production efficiency, investments.*

УДК 33.502.338

РЕГИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СФЕРЫ КАК НЕОТЪЕМЛЕМАЯ ЧАСТЬ ЭКОНОМИКИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Ж.С. ТИХОНОВА
(Институт экономики и внешнеэкономических связей Южного федерального университета)

Представлены современные аспекты развития системы государственного регулирования производственной сферы. Построена система государственных органов управления как основа разработки и организации государственной политики в сфере охраны окружающей среды. Разработана государственная система регулирования процесса экологизации производственной сферы на региональном уровне. Проанализированы основные направления по развитию экологизации производственной сферы.
Ключевые слова: *экологизация производственной сферы, государственное регулирование экологизации производственной сферы, экологическая политика.*

Введение. Законодательство является важнейшим фактором в системе государственного управления экологизации и ее развития. С одной стороны, развитие и формирование регионального законодательства должно осуществляться с соблюдением его норм, регулирующих природоохранную компетенцию органов государственной власти субъектов РФ и органов местного самоуправления, с другой – неотъемлемым компонентом и условием совершенствования экологического законодательства является наличие собственной нормативно-правовой базы регионального и муниципального уровня, которая зависит от федерального правового регулирования экосферы.

Актуальность исследования обусловлена недостаточно совершенной системой регулирования экологизации производственной сферы в современных условиях наряду с ухудшением экологической обстановки в регионах страны.

Целью исследования является раскрытие основополагающих аспектов системы регулирования экологизации, изучение направлений и составляющих по ее развитию, а также деятельность государственной власти в области проведения экологической политики. Основной задачей системы государственного управления в сфере экологизации является ее обеспечение экономически и институционально эффективного государственного управления использованием природных ресурсов, соответствующего демократическому устройству и рыночной экономике.

Основными задачами исследования являются:

– обозначение функций и состав органов государственной власти в области экологизации, наделенных соответствующей компетенцией;

– представление современной системы регулирования экологизации производственной сферы на региональном уровне;

– представление и анализ основных направлений системы государственного экорегулирования.

Основная часть. Государственное управление в сфере охраны окружающей среды и природопользования осуществляют различные органы государственной власти, наделенные разной компетенцией и функционирующие на разных уровнях трех видов: органов общей компетенции, специально уполномоченных органов и иных органов, на которые возложены отдельные функции по управлению в сфере экологизации или задачи и более подробно представлены на рис.1.

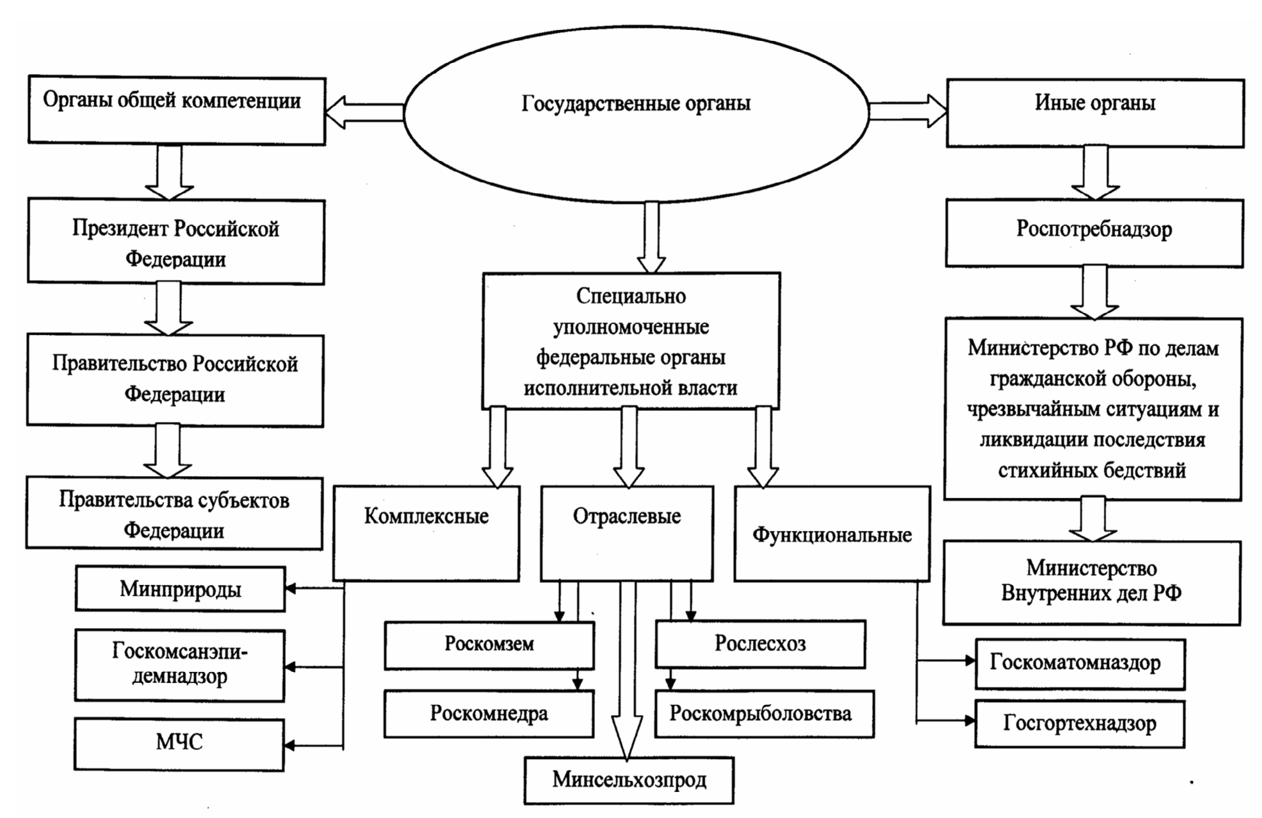


Рис.1. Система органов государственной власти в области охраны окружающей среды

Роль Правительства РФ определена многими нормативными актами, такими как, например, Федеральный конституционный закон «О Правительстве Российской Федерации», Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных и исполнительных органов государственной власти субъектов РФ» и т.д.

Конкретные полномочия этих органов экосферы определяются многими актами специального характера – Федеральными и региональными законами, указами Президента РФ и др.

Следующим этапом можно выделить определенные функции Правительства РФ в сфере экологии согласно ст.114 Конституции РФ:

– обеспечение проведения в Российской Федерации единой государственной политики в области экологии;

– осуществление управления федеральной собственностью на природные ресурсы;

– проведение мер по обеспечению законности, осуществлению экологических прав граждан и др.

Таким образом, каждый орган государственной власти, выполняя свои функции и поручения в сфере экологии, участвует в процессе экологизации, способствуя ее появлению, в пределах своей компетенции. Безусловно, истинный контроль и надзор в области охраны окружающей среды исходят от государства и его полномочий, и существующая система органов государственной власти есть тому пример.

Существующая система органов государственной власти в сфере экологии формирует систему регулирования процесса экологизации производственной сферы, в данном случае регионов страны, представленной на рис.2.

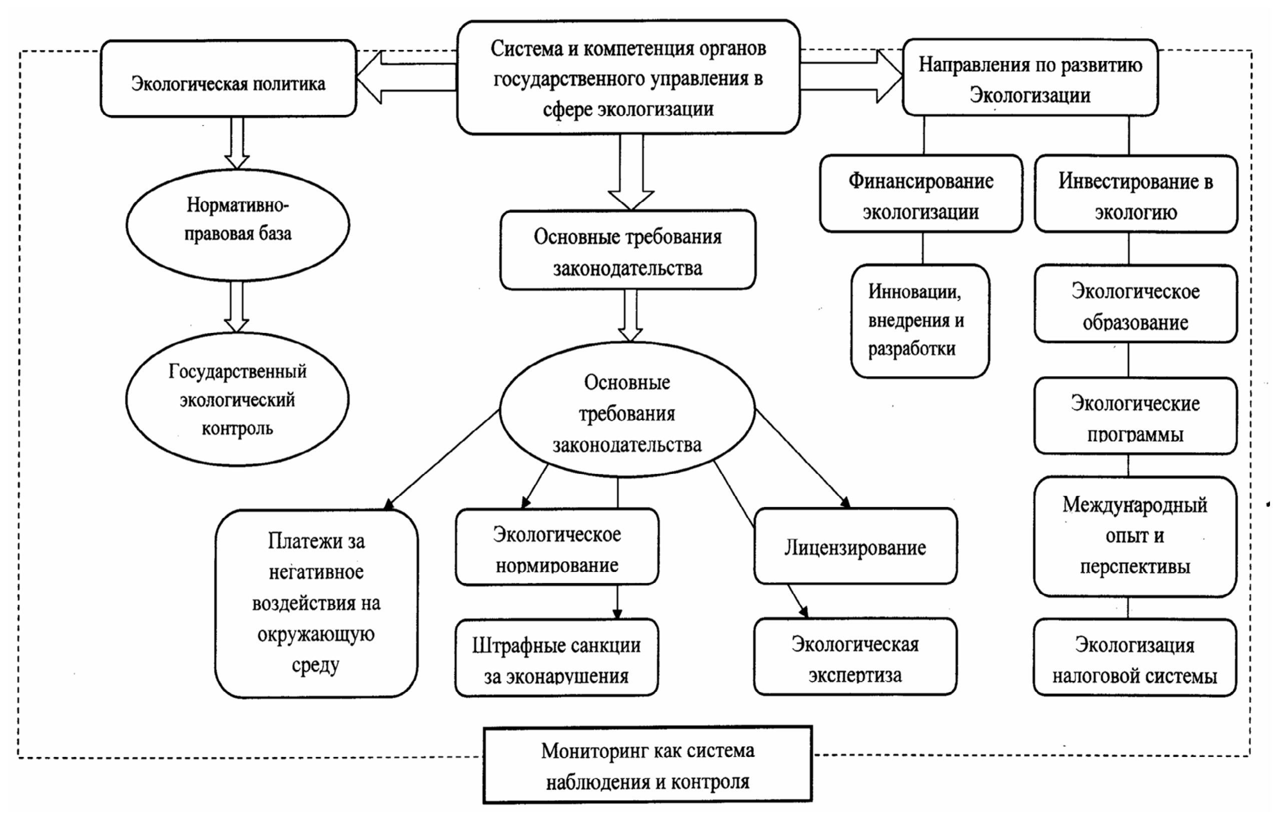


Рис.2. Современная система регулирования процесса экологизации производственной сферы

Итак, если рассматривать систему регулирования процесса экологизации, в первую очередь необходимо заострить внимание на экологической политике, в том числе ее современном составе.

Стоит отметить, что уже утверждена структура проекта основ государственной экологической политики Российской Федерации до 2030 года.

Проект Указа Президента РФ «Об основах экологической политики РФ на период до 2030 года» разрабатывается Минприроды России во исполнение поручений Президента РФ, и основные разделы документа отражают стратегические цели и принципы государственной экологической политики, ее направления и задачи, мониторинг, пути и средства реализации. Существующий документ обозначает четыре ключевые задачи: повышение экологической эффективности экономики; повышение качества жизни; сохранение и восстановление среды; предотвращение опасных климатических явлений и адаптация к глобальному изменению климата. По каждой задаче формируются конкретные количественные параметры, которых необходимо достичь к 2030 году.

Пути и средства реализации государственной экологической политики определяют взаимодействие органов власти, развитие нормативно-правовой базы, механизм экономического стимулирования, экологический мониторинг и обеспечение доступа граждан к экологически значимой информации.

Государственная экологическая политика наряду с нормативно-правовой базой затрагивает множество направлений в сфере экологии. Так, например, можно выделить основные принципы государственной политики в области обращения с отходами, что актуально на сегодняшний день (рис.3). Естественно, вмешательство государства в сферу регулирования обращения с отходами в дальнейшем даст положительный результат и, возможно, уменьшение количества выбросов и отходов производства и потребления.



Рис.3. Основные принципы государственной политики в области обращения с отходами [1]

В состав современной экологической политики в области охраны окружающей среды, несомненно, включены разработка, утверждение, функционирование платежей за негативное воздействие на окружающую среду.

Платежи за негативное воздействие на окружающую среду, являясь основным требованием законодательства в области экологии, а также неотъемлемой частью борьбы государства в области обращения с отходами, включают:

– платежи за пользование природными ресурсами;

– платежи за воспроизводство и охрану природных ресурсов;

– компенсационные платежи.

Из всех перечисленных видов платежей официально рассматриваются лишь платежи за загрязнение окружающей среды. С одной стороны, введение государством системы платежей за негативное воздействие на окружающую среду должно помочь в борьбе с опасными выбросами, а также способствовать не только их снижению, но и вторичному использованию. С другой стороны, нормы платежей недостаточно велики, чтобы финансово повлиять на предприятия с целью сохранения природной среды.

Возьмем, к примеру, Ростовскую область, где примерная выручка на одно предприятие в год составляет 230 тыс. руб., а плата за негативное воздействие на окружающую среду, также на

одно предприятие в год, составляет 3,5 тыс. руб. Соотношение платы и прибыли на этом примере показывает, что предприятию выгодней заплатить, нежели утилизировать, это касается не только Ростовской области, но и многих других субъектов страны [2].

Это же можно сказать и о штрафах за экологические правонарушения. Некоторым крупным предприятиям выгоднее заплатить штраф, нежели рисковать объемом своего производства. Поэтому необходима разработка штрафных санкций относительно выручки предприятия-нарушителя, т.е. установить нормы штрафных санкций, задействовав финансовый результат организации, что в дальнейшем поможет избежать экологических нарушений со стороны предприятия. Таким образом, схему регулирования предприятия со стороны государства нами можно представить следующим образом (рис.4).

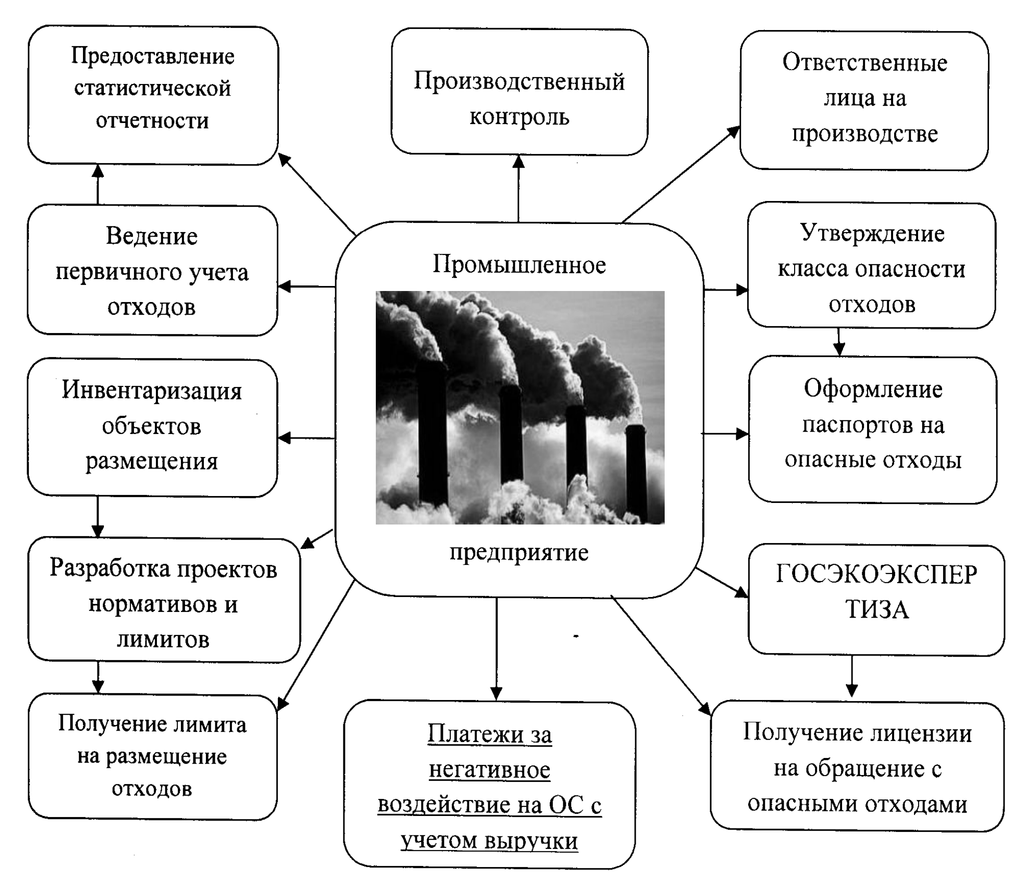


Рис.4. Построение схемы Законодательства РФ по обращению с опасными отходами производства и потребления

Особое внимание следует обратить на пункт о платежах предприятия, с помощью которого можно минимизировать отходы и выбросы, т.е. о чем упоминалось несколько ранее.

На данном этапе можно перейти к направлениям по развитию и совершенствованию экологизации, которые непосредственно имеют прямую связь со стороны государственного регулирования и в формировании самой экологической политики.

Финансирование экологизации. Выделение средств, несомненно, оказывает положительное влияние на развитие экосферы и способствует развитию экологизации. В различных субъектах РФ производится определенное финансирование на охрану окружающей среды.

Выделение средств на охрану природной среды в Ростовской области показано в таблице.

Текущие затраты на охрану окружающей среды
в Ростовской области (млн. руб.) [2]

	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.
Всего	142655	162940	177298	183905	183655
в том числе:					
на охрану и рациональное использование водных ресурсов	84895	93023	104814	103490	112840
на охрану атмосферного воздуха	33751	40593	41854	43393	32911
на охрану окружающей среды от отходов производства и потребления	19954	24049	25073	30507	30531
на рекультивацию земель	4055	5275	5557	6515	7373

По итогам пяти лет можно указать на то, что финансирование сферы экологии имеет положительную тенденцию и возрастает в среднем на 8%. Отмечается значительное увеличение затрат на охрану и рациональное использование водных ресурсов (33%), на рекультивацию земель (81,8%), на охрану окружающей среды от отходов производства и потребления (53%) в 2009 году по сравнению с 2005 годом. Однако отрицательным фактором является снижение затрат на охрану атмосферного воздуха в 2009 году по сравнению с 2008 годом на 24%. В целом тенденция затрат на охрану окружающей среды постепенно идет к увеличению.

Инновации, внедрения и разработки. В настоящее время научно-технический прогресс и процессы глобализации оказывают непосредственное влияние на государственную систему управления экологической обстановкой регионов страны. Важнейшей задачей региональной экономической политики является стимулирование инновационной активности всех субъектов хозяйствования – предприятий, фирм, организаций, поэтапное формирование экономики инновационного типа. Внедрение инновационных механизмов и выполнение инновационных программ, т.е. совокупность инновационных проектов и организационных мероприятий, обеспечивающие эффективное решение задач по освоению и распространению принципиально новых видов продукции, приведет к формированию инновационной системы обеспечения эколого-экономической безопасности производства, что непосредственно позволит перевести природопользование из затратной деятельности в прибыльную. На современной стадии развития регионов инновационная система и деятельность в сфере экологии имеют развивающуюся тенденцию, что приводит к нововведениям и их применению в различных отраслях производства. Эту тенденцию можно рассмотреть на примере (рис.5) [3].

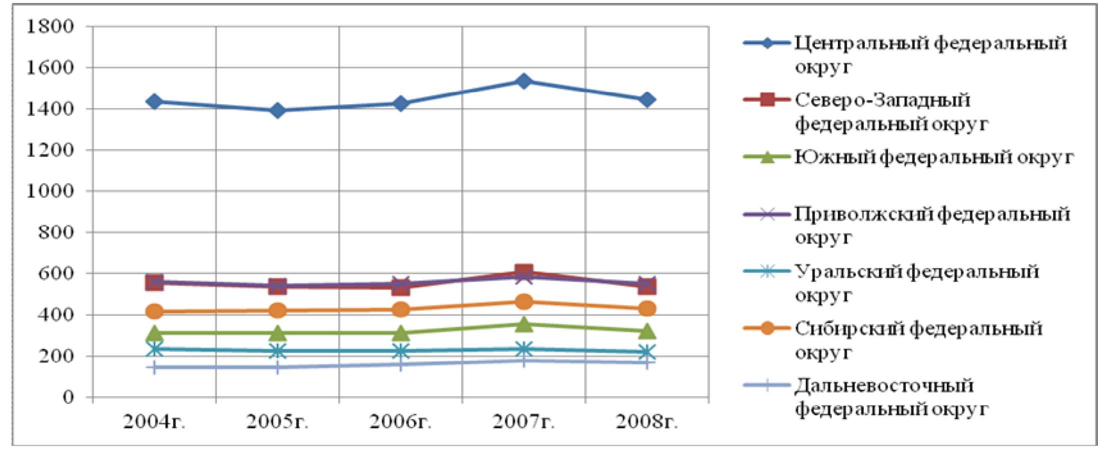


Рис.5. Число организаций, выполняющих исследования и разработки

Исходя из данных, можно определить рейтинг регионов, занимающихся инновационными разработками, в том числе в сфере охраны окружающей среды. В целом наблюдается положительная тенденция роста предприятий, занимающихся инновационными разработками, однако хоть она и положительна в своих рамках, но является недостаточно динамичной. Необходима стимуляция мер государства по развитию экоинноваций, порождающих экологизацию, а также создание законов и законопроектов, которые способствуют развитию инновационных процессов в регионах, ведь экологизация осуществляется через систему организационных мер, инновационных процессов, реструктуризацию в сфере производства и потребительского спроса, технологическую конверсию, рационализацию природопользования, трансформацию природоохранной деятельности, реализуемых как на микро-, так и на макроэкономических уровнях.

Экологическое образование, несомненно, является важным этапом развития экологизации. Библиотеки России играют большую роль в распространении экологических знаний, информации о состоянии окружающей среды и рациональном природопользовании, в проведении экологических акций. Систематическая работа по расширению доступа населения к экологической информации проводится государственными и муниципальными библиотеками в республиках Бурятия, Коми, Татарстан, Чувашской республике, Брянской, Вологодской, Иркутской, Кировской, Мурманской, Орловской и других субъектах Российской Федерации.

Центры правовой информации, действующие при публичных библиотеках, используют базы данных «Консультант Плюс», «Кодек», «Гарант» и предоставляют населению доступ к информации о законодательстве в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности. Подготовка специалистов в области экологии и природопользования осуществляется в вузах, подведомственных Федеральному агентству по образованию Минобрнауки России, по следующим специальностям [4]:

– 02800 «Экология и природопользование» (по данной специальности обучается 1880 человек в 22 вузах);

– 020801 «Экология» (7767 человек в 57 вузах);

– 020802 «Природопользование» (5118 человек в 36 вузах);

– 020804 «Геоэкология» (4299 человек в 22 вузах).

Специалистов в области лесопользования, охраны лесов и воспроизводства лесных ресурсов готовят в 49 государственных высших учебных заведениях по шести специальностям и четырем направлениям. Общее количество студентов, обучающихся лесным специальностям, составило около 30 тыс. человек, в том числе около 2 тыс. студентов из стран СНГ и дальнего зарубежья. Только по специальным дисциплинам обучение студентов ведут более 300 профессоров, докторов наук и более 1,5 тыс. доцентов, кандидатов наук. В целом по группе направлений и специальностей «Воспроизводство и переработка лесных ресурсов» ежегодно на первый курс очной системы обучения принимается более 4 тыс. человек. Таким образом, экологическое образование набирает свои обороты, что положительно скажется на развитии процесса экологизации.

Международный опыт и перспективы. Россия как субъект международного экологического права приняла к исполнению около 50 договоров, соглашений, конвенций, протоколов и других международно-правовых актов, направленных на предотвращение экологической катастрофы, сохранение биосферы и обеспечение экологически устойчивого развития человечества.

Участие России в международном сотрудничестве в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов протекает в следующих направлениях:

1) выдвижение государственных инициатив;

2) работа в международных организациях;

3) подготовка международных конвенций и соглашений и их последующее выполнение;

4) двустороннее сотрудничество.

В качестве примера об участии нашей страны с другими странами в сфере экологии можно привести тот факт, что Белоруссия и Россия планируют совместно выполнить научную программу по переработке отходов АЭС, где в рамках программы будут решаться все вопросы по отходам атомных станций. Также стоит выделить взаимодействие России и США, где они подпишут протокол об утилизации плутония. В настоящее время заключено огромное количество соглашений, касающихся охраны окружающей среды, с большинством стран и республик, таких как Китай, Франция, Венгерская республика, Карелия, Канада, Литва и т.д.

Экологизация налоговой системы. Переход к устойчивому развитию предполагает экологизацию всей налоговой системы. В этом случае на первый план (кроме фискальной) должны выйти функции стимулирования воспроизводства и рационального использования природных ресурсов и обеспечения справедливого перераспределения доходов от их эксплуатации. Реализация стимулирующей функции предполагает создание равного для всех доступа к природным ресурсам, поскольку равенство возможностей – необходимое условие справедливого распределения, а значит, и мотивации к эффективному природопользованию. В этом отношении налогообложение природно-ресурсного потенциала представляет собой механизм изъятия у собственника (природопользователя) части доходов в качестве компенсации обществу за пользование благами, которые не созданы этим собственником, а изначально даны природой, а значит, принадлежат всем.

Стоит отметить, что в контексте устойчивого развития принцип справедливого перераспределения может пониматься более широко, т.е. как равный доступ к ресурсам не только представителей современного общества, но и будущих поколений. Кроме того, следуя принципу эффективности налоговой системы, нельзя не признать преимущество налогов на ресурсы и по сравнению с налогами на доходы.

Таким образом, в настоящее время можно сформулировать основные направления экологизации налоговой политики [5]:

– последовательное повышение доли налогов на использование природно-ресурсного потенциала в совокупных налоговых поступлениях;

– расширение базы экологического налогообложения за счет введения налогов за пользование средообразующими ресурсами;

– введение косвенных экологических налогов на товары и услуги, связанные с повышенным экологическим риском;

– ограничение прямого и косвенного субсидирования экологически опасных и природоемких производств и налоговое стимулирование экологически безопасных.

При этом важно понимать, что процесс экологизации призван изменить структуру налоговых поступлений и бюджетных расходов; увеличить долю налогов на потребление и использование ресурсов и снизить долю налогов, облагающих результаты экономической деятельности (доходы, прибыль, добавленную стоимость). Обложение налогом доходов, полученных в результате трудовой деятельности, является фактором, противодействующим устойчивому развитию, ведь физический и особенно умственный труд – главный его источник. Одновременно экологизация налоговой системы подразумевает постепенное формирование такой структуры налогов, которая способствовала бы повышению рентабельности указанных сфер и сделала бы выгодным приток инвестиций без налоговых льгот и бюджетных субсидий. Таким образом, экологизация налоговой системы наряду с другими инструментами регулирования может служить эффективным средством решения и экономических, и экологических проблем, формирования долгосрочных производственно-экономических отношений на принципах устойчивого развития.

Выводы. Государство и органы государственного управления экологизации играют существенную роль в системе регулирования сферы окружающей среды и природопользования. Все элементы совершенствования экологизации должны строгим образом находиться в системе государственного регулирования и входить в состав и компетенцию государственной экологической поли-

тики с целью защиты и развития природной среды. Современная система регулирования процесса экологизации производственной сферы находится на стадии развития, все элементы регулирования взаимосвязаны между собой и представляют единое целое в сфере экологии.

Библиографический список

1. Фаюстов А.А. Модельный закон – основа для разработки новой редакции Федерального закона «Об отходах производства и потребления»/ А.А. Фаюстов // ТБО. – 2009. – №6. – С.49.

2. Курдюмова С.Н., Скрипки Г.И., Паращенко М.В. Экологический весник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов в Ростовской области в 2009 году».

3. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электрон. ресурс] Режим доступа: http://www.gks.ru.

4. Косякова И.И. Курс на экологию. / И.И. Косякова // Кадровик. Кадровый менеджмент. – 2007. – №3. – С.10.

5. Деревяго И.П. Экологизация налоговой системы как инструмент стратегии устойчивого развития./ И.П. Деревяго // Налоговая политика и практика. – 2009. – №4. – С.16.

Материал поступил в редакцию 02.12.10.

References

1. Fayustov A.A. Model'nyi zakon – osnova dlya razrabotki novoi redakcii Federal'nogo zakona «Ob othodah proizvodstva i potrebleniya»/ A.A. Fayustov // TBO. – 2009. – №6. – S.49. – In Russian.

2. Kurdyumova S.N., Skripki G.I., Paraschenko M.V. Ekologicheskii vesnik Dona «O sostoyanii okrujayuschei sredy i prirodnyh resursov v Rostovskoi oblasti v 2009 godu». – In Russian.

3. Oficial'nyi sait Federal'noi slujby gosudarstvennoi statistiki [Elektron. resurs] Rejim dostupa: http://www.gks.ru. – In Russian.

4. Kosyakova I.I. Kurs na ekologiyu. / I.I. Kosyakova // Kadrovik. Kadrovyi menedjment. –2007. – №3. – S.10. – In Russian.

5. Derevyago I.P. Ekologizaciya nalogovoi sistemy kak instrument strategii ustoichivogo razvitiya./ I.P. Derevyago // Nalogovaya politika i praktika. – 2009. – №4. – S.16. – In Russian.

Z.S. TIKHONOVA

REGIONAL ASPECTS OF MANAGERIAL SYSTEM OF PRODUCTION SPHERE ECOLOGIZATION AS INTEGRAL PART OF ENVIRONMENAL ECONOMICS

Actual aspects of the system development of the production sphere state regulation are presented. The state authorities system as a development and organization basis of the public environmental protection policy has been constructed. The public regulatory system of the production sphere ecologization at the regional level has been developed. Basic lines of the production sphere ecologization are analysed.

Key words: *production sphere ecologization, state regulation of production sphere ecologization, ecological policy.*

УДК 378:005.6

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

О.А. ПОЛУШКИН, Г.И. КАНЫГИН, М.О. ПОЛУШКИНА
(Донской государственный технический университет)

Разработана оригинальная количественная оценка качества подготовки учебной дисциплины, учитывающая все факторы, определяющие это качество, и характеризующая одно из собственных свойств построенной модели функционирования процесса подготовки этой дисциплины.
Ключевые слова: *профессиональное образование, учебная дисциплина, качество подготовки, количественная оценка.*

Введение. Качество подготовки специалистов – проблема профессиональных образовательных учреждений РФ, решение которой невозможно без разработки и использования количественного критерия оценки этого качества. Отсутствие такого критерия не позволяет ставить и решать задачи анализа и синтеза процесса подготовки специалистов, не позволяет сравнивать качество выпускников различных вузов, готовящих одну и ту же специальность как в нашей стране, так и за рубежом, не позволяет объективно оценивать престижность вузов в подготовке этой специальности и, наконец, не позволяет оценивать эффективность различного рода внешних и внутренних управленческих воздействий на процесс подготовки специалистов в каждом конкретном вузе.

Предпринимаемые в настоящее время попытки решения проблемы качества подготовки специалистов путем использования МС ИСО серии 9000 ведут в тупик, так как эти стандарты не содержат механизмов практической реализации декларированных ими принципов менеджмента качества. Как отмечено в [1], рост популярности этих принципов, продолжающийся с начала 80-х годов 20 века по настоящее время, вызван лишь тем обстоятельством, что для продукции, не сертифицированной по этим стандартам, закрыт доступ на западные рынки. На базе этих стандартов созданы модель премии Правительства РФ в области качества и построеннная с её использованием модель конкурса «Внутривузовские системы обеспечения качества подготовки специалистов», проводимого под эгидой Минобрнауки РФ последние годы. Создано множество организаций, поддерживаемых Госстандартом РФ и занимающихся пропагандой МС ИСО серии 9000 и сертификацией по ним продукции предприятий. Последние годы эти организации распространяют своё влияние и на сферу образования, предлагая сертификацию систем менеджмента качества подготовки специалистов в каждом вузе. При ныне действующей системе аттестации и аккредитации вузов такие сертификаты не имеют никакого смысла и веса, а их получение требует значительных затрат, не дающих эффекта. На базе отмеченных стандартов многие вузы разработали концепции создания систем управления качеством выпускаемых ими специалистов. Будучи практически стереотипными и дублируя модель отмеченного выше конкурса Минобрнауки, эти концепции являются свидетельством о благих практически нереализуемых намерениях при отсутствии средств и методов количественной оценки качества подготовки специалистов.

Хотя один из принципов, заложенных МС ИСО серии 9000, и требует «системного подхода к менеджменту», однако он практически не раскрыт в этих документах. Вместе с тем, независимо от этих стандартов, такой подход получил в последние годы глубокое развитие и широкое использование в исследованиях объектов и процессов любой природы, обладающих всеми признаками сложной системы (сформулированные и количественно определенные цели функционирования, наличие управления, иерархической структуры и средств функционирования, совместное рассмотрение процессов создания и функционирования). В работе [2] эти признаки идентифицированы и для процесса подготовки специальности в вузе, что позволяет распространить концептуальные положения и методы современной системотехники на исследования (анализ и синтез)

этого процесса. Условием последнего является наличие каждого из этих признаков у реального процесса подготовки специалистов в конкретном учреждении образования.

Заметим, что управление (как целенаправленное воздействие на сложную систему, приводящее к достижению поставленных целей её функционирования) является атрибутом сложной системы, поэтому поставленная Минобрнауки РФ цель разработки и внедрения в вузах систем управления качеством подготовки специалистов сформулирована некорректно с позиций системотехники. Воссоздание у процесса подготовки каждой специальности в каждом конкретном вузе всех отмеченных выше признаков сложной системы, т.е. постановка этого процесса на системотехническую основу, должно определять цель реформирования профессионального образования в РФ, по определению предусматривающую управление качеством этого процесса как одну (и далеко не единственную) функцию системного подхода к его исследованию.

Одним из концептуальных положений системотехники является требование построения системной (средневзвешенной) критериальной оценки качества функционирования процесса, использование которой «…скорее дает удобный способ достижения оптимума функции, характеризующей поведение системы» [3]. Построение системной критериальной оценки качества подготовки выпускаемых вузом специалистов, позволяющей количественно оценить уровень их качества, является основным требованием системного подхода к исследованию процесса этой подготовки. Другим концептуальным положением системотехники служит требование построения математической модели процесса и осуществление его моделирования как взаимосвязанного и взаимозависимого функционирования множества элементов, составляющих иерархическую структуру этого процесса. Выходом такой модели, построенной для процесса подготовки специальности в вузе, должна служить отмеченная выше системная критериальная оценка качества этой подготовки.

Постановка задачи. В работе [2] отмечено, что в качестве элемента сложной системы процесса подготовки специальности необходимо принимать процесс подготовки отдельной дисциплины её учебного плана, который вкладывает в средства функционирования (обучающийся контингент) определенное качество. Последнее требует количественной оценки, построение которой для каждой из полного множества дисциплин учебного плана специальности с учетом их преемственности позволяет построить отмеченную выше системную количественную критериальную оценку качества выпускаемых специалистов. Это аргументирует необходимость построения математической модели процесса подготовки отдельной дисциплины, выходом которой должна быть количественная оценка качества подготовки этой дисциплины. В этом и состоит решаемая ниже задача.

Решение задачи. Качество подготовки каждой отдельной учебной дисциплины зависит от обеспечения процесса этой подготовки всеми видами ресурсов и эффективности их использования в учебном процессе, от уровня подготовленности контингента, приступающего к изучению этой дисциплины, и от адекватности её рабочей программы уровню подготовленности контингента обучаемых, определяющей уровень сложности восприятия им материалов этой дисциплины.

Используя для оценки качества подготовки i-й дисциплины учебного плана специальности безразмерный критерий $0<K_i\leq 1$, принимаем, что в идеальном случае ($K_i=1$) все отмеченные выше факторы имеют обоснованно требуемый уровень, обеспечивая наивысший уровень качества процесса подготовки дисциплины. Если же уровень оценки какого-либо из этих факторов или эффективность использования имеющегося ресурсного потенциала процесса подготовки дисциплины неадекватны требованиям, будем иметь $0<K_i<1$. Лишь при полном отсутствии необходимых ресурсов подготовки дисциплины будем иметь $K_i=0$, что практически недопустимо при существующей системе лицензирования подготовки специальностей органами управления образованием РФ.

Исследованиями, проведенными в ДГТУ по заказу Минобразования РФ в 2002…2004 гг. [4], построена функция качества технологического процесса подготовки дисциплины, удовлетворяющая отмеченным её свойствам и имеющая выражение:

$$K_i = S_i \frac{P_i}{P_i - 1}\left(1 - P_i^{-u_i}\right)\frac{n_i}{n_i - 1}\left(1 - n_i^{-\beta_i}\right), \qquad (1)$$

где S_i – критерий оценки фактора сложности восприятия i-й дисциплины обучающимся контингентом ($0<S_i\leq 1$); P_i – число преподавателей, ведущих все виды учебной работы по подготовке i-й дисциплины ($P_i\geq 1$); u_i – критерий оценки обеспечения учебного процесса подготовки i-й дисциплины энергетическими ресурсами, в которые системотехника [3] включает финансовые средства (в частности, заработную плату преподавателей), необходимые для реализации процесса ($0<u_i\leq 1$); n_i – число дисциплин, изучение которых определяет знания, умения и навыки по i-й дисциплине и в которые включаются как сама i-я дисциплина, так и дисциплины, изученные в образовательном учреждении как основа изучения рассматриваемой i-й дисциплины, ($n_i\geq 1$); β_i – критерий адекватности обеспечения процесса подготовки i-й дисциплины временными, кадровыми, материальными и информационными ресурсами и эффективности использования этих ресурсов ($0<\beta_i\leq 1$).

Поясним выражение (1) и входящие в него величины:

– значение K_i, рассчитанное для условий подготовки i-й дисциплины в конкретном образовательном учреждении, учитывает лишь собственные свойства и ресурсный потенциал процесса её подготовки в этом учреждении и не учитывает качество контингента, приступающего к её изучению. Этот фактор определяет уже не качество реализации технологического процесса подготовки i-й дисциплины в учебном заведении, а качество её усвоения обучающимся контингентом и, в конечном счете, качество выпускаемых специалистов. Учет этого фактора при моделировании процесса подготовки специалистов осуществляется отдельно;

– расчетное значение K_i позволяет производить сравнительную оценку качества преподавания одной и той же i-й дисциплины в различных образовательных учреждениях;

– значение S_i определяется комплексом таких основных свойств и характеристик изучаемой дисциплины, как новизна и абстрактность вводимых ею понятий, сложность закономерностей, связывающих эти понятия, количество дисциплин, которые служат основой изучения i-й дисциплины; разнообразие природы явлений и процессов, изучаемых этими дисциплинами. В условиях устоявшегося процесса подготовки i-й дисциплины, когда определены все виды учебной работы по её подготовке, когда используется апробированная методика реализации всех видов этих работ и когда эти работы реализуются с адекватным ресурсом времени, будем иметь $S_i=1$. При нарушениях устоявшейся технологии подготовки i-й дисциплины, вызванных ликвидацией или ослаблением статуса тех или иных учебных работ, снижением их объема и (или) ресурса времени реализации, значение критерия S_i уменьшается и становится $S_i<1$. Внесение изменений в учебный план специальности и рабочие программы его дисциплин приводят к изменениям S_i. Разработанная в ДГТУ методика идентификации S_i по апостериорным данным контроля знаний обученного i-й дисциплине контингента позволяет обосновать значение S_i как при изменениях в рабочей программе дисциплины, так и при введении новых технологий обучения, эффективность которых должна оцениваться не только снижением трудозатрат подготовки, но и связанным с их внедрением изменением значения критерия S_i;

– полученное (здесь не приводится) выражение для расчета критерия u_i построено на учете превалирующего по текущим финансовым затратам подготовки специалистов фактора – заработной платы преподавателей, которая соотносится со среднестатистической заработной платой в стране;

– для дисциплин начальной подготовки в учебном заведении, требующих только знаний, умений и навыков, полученных до поступления в это заведение, принимается n_i=1. Для дисциплин последующего обучения, требующих для полноценного и эффективного усвоения знаний по ранее изученным в образовательном учреждении дисциплинам, n_i>1. Характерно, что с ростом n_i растет значение K_i по (1), так как ресурсы подготовки i-й дисциплины дополняются ресурсами подготовки (n_i-1)-й дисциплин, изученных ранее в учебном заведении;

-значение β_i определяется выражением

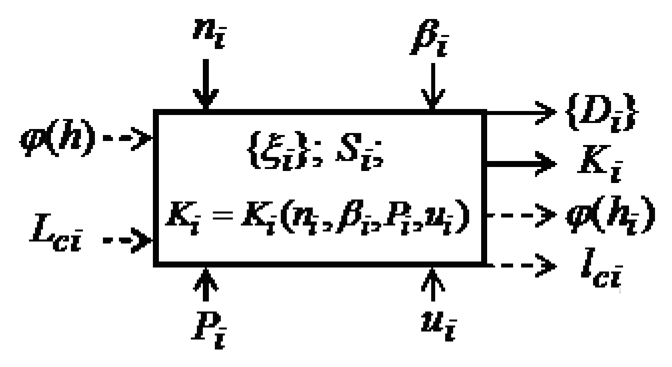
$$\beta_i = 0{,}1\left(4\beta_{Ti} + 3\beta_{ki} + 2\beta_{мi} + \beta_{иi}\right), \quad (2)$$

где β_{Ti}, β_{ki}, $\beta_{мi}$, $\beta_{иi}$ – критерии адекватности обеспечения и эффективности использования в процессе подготовки i-й дисциплины соответственно временных, кадровых, материальных и информационных ресурсов. Выражения для расчета этих критериев (для $\beta_{иi}$ оно приведено в [5]; для β_{ki} – в [6], для других – в отдельно подготовленных к печати публикациях) построены в виде отношения, достигнутого в конкретном учебном заведении уровня ресурсообеспечения к обоснованному и необходимому для наивысшего качества подготовки i-й дисциплины уровню. Каждый из этих критериев может принимать значение в диапазоне от нуля до единицы, обеспечивая значение взвешенной оценки β_i по (2) в том же диапазоне.

Изучение каждой i-й дисциплины имеет свое целевое назначение, определяемое её содержанием и оцениваемое вектором

$$\{\xi_i\} = \{\xi_{ci} \;\; \xi_{фi} \;\; \xi_{нi}\}, \quad (3)$$

компоненты которого, имея положительные значения и сумму, равную единице, оценивают относительный вклад этой дисциплины в профессиональную специальную ξ_{ci}, профессиональную фундаментальную $\xi_{фi}$ и непрофильную $\xi_{нi}$ подготовку выпускника соответственно. Этот вектор также как, и K_i, вводится как характеристика собственных свойств модели процесса подготовки i-й дисциплины, оценивая качество её рабочей программы.



Модель качества процесса подготовки учебной дисциплины

С использованием введенных количественных оценок качества процесса подготовки обобщенной i-й дисциплины построена модель этого процесса (представлена на рисунке). Её входами служат варьируемые для каждой дисциплины в каждом учебном заведении значения n_i, β_i, P_i, u_i. Собственные свойства этой модели характеризуются раскрытыми выше значениями S_i, $\{\xi_i\}$ и функцией качества K_i по (1). Выходами модели являются: расчетная оценка K_i качества процесса подготовки этой дисциплины и вектор $\{D_i\} = K_i\{\xi_i\}$ оценок степени достижения целей изучения i-й дисциплины. Пунктиром на этой модели показаны входы: $\varphi(h)$ – функция качества контингента, приступающего к изучению i-й дисциплины, и его объем L_{ci}. Функционирование про-

цесса подготовки этой дисциплины приводит к изменению параметров функции $\varphi(h)$ и формированию на выходе модели функции $\varphi(h_i)$ качества подготовки обучаемым контингентом i-й дисциплины и его объем $l_{ci} \leq L_{ci}$. Исследования по формированию $\varphi(h)$, и определению $\varphi(h_i)$ и l_{ci} по известным входам и собственным свойствам модели качества процесса подготовки i-й дисциплины, представленной на рисунке, проводятся в ДГТУ в настоящее время.

Заключение. Предложена не имеющая аналогов количественная оценка K_i качества подготовки обобщенной i-й учебной дисциплины в образовательном учреждении любого уровня и направления подготовки, которая учитывает все факторы, влияющие на уровень подготовки обучающихся учебной дисциплины (обеспеченность и эффективность использования всех видов ресурсов подготовки, сложность восприятия дисциплины обучающимися). С использованием этой оценки построена оригинальная модель качества функционирования процесса подготовки дисциплины с конкретизацией всех входных управляющих и возмущающих воздействий, характеристик собственных свойств и выходных оценок качества.

Библиографический список

1. Лапидус В.А. Немного о проблемах и «болезнях» наших предприятий в области управления качеством / В.А. Лапидус, Т.В. Терехова. – СиК, 12-91.
2. Рыжкин А.А. Процесс подготовки специалистов в вузе как сложная система: материалы Х-й междунар. конф. «Современные технологии обучения, СТО-2004». – Т.1. / А.А. Рыжкин, О.А. Полушкин. – СПб.: Изд-во ЛЭТИ, 2004. – С.24-26.
3. Честнат Г. Техника больших систем (средства системотехники) / Г. Честнат; пер. с англ. И.Н. Васильева, Е.Н. Дубровского, А.С. Манделя, В.Ю. Невраева; под ред. О.И. Авена. – М.: Энергия, 1969.
4. Системная критериальная оценка качества фундаментальной подготовки в вузе. / А.А. Рыжкин, О.А. Полушкин и др. Отчет по НИР, тема 1.15.03, № ГР 01.200214182. – Ростов н/Д: «Синтез» ДГТУ, 2004.
5. Рыжкин А.А. Критерий оценки адекватности информационного обеспечения учебного процесса подготовки дисциплины в вузе: материалы IV-й междунар. науч.-метод. конф. «Системы управления качеством высшего образования» / А.А. Рыжкин, О.А. Полушкин. – Воронеж: ВГУ, 2004. – С.147-151.
6. Рыжкин А.А. Оценка адекватности кадрового потенциала подготовки дисциплины и эффективности его использования в вузе: сб. тр. IV-й междунар. науч.-практ. конф. «Формирование профессиональной культуры специалистов XXI века в техническом университете» / А.А. Рыжкин, О.А. Полушкин. – СПб.: СПбГТУ, 2004. – С.38-42.

Материал поступил в редакцию 18.11.10.

References

1. Lapidus V.A. Nemnogo o problemah i «boleznyah» nashih predpriyatii v oblasti upravleniya kachestvom / V.A. Lapidus, T.V. Terehova. – SiK, 12-91. – In Russian.
2. Ryjkin A.A. Process podgotovki specialistov v vuze kak slojnaya sistema: materialy H-i mejdunar. konf. «Sovremennye tehnologii obucheniya, STO-2004». – T.1. / A.A. Ryjkin, O.A. Polushkin. – SPb.: Izd-vo LETI, 2004. – S.24-26. – In Russian.

3. Chestnat G. Tehnika bol'shih sistem (sredstva sistemotehniki) / G. Chestnat; per. s angl. I.N. Vasil'eva, E.N. Dubrovskogo, A.S. Mandelya, V.Yu. Nevraeva; pod red. O.I. Avena. – M.: Energiya, 1969. – In Russian.

4. Sistemnaya kriterial'naya ocenka kachestva fundamental'noi podgotovki v vuze. / A.A. Ryjkin, O.A. Polushkin i dr. Otchet po NIR, tema 1.15.03, № GR 01.200214182. – Rostov n/D: «Sintez» DGTU, 2004. – In Russian.

5. Ryjkin A.A. Kriterii ocenki adekvatnosti informacionnogo obespecheniya uchebnogo processa podgotovki discipliny v vuze: materialy IV-i mejdunar. nauch.-metod. konf. «Sistemy upravleniya kachestvom vysshego obrazovaniya» / A.A. Ryjkin, O.A. Polushkin. – Voronej: VGU, 2004. – S.147-151. – In Russian.

6. Ryjkin A.A. Ocenka adekvatnosti kadrovogo potenciala podgotovki discipliny i effektivnosti ego ispol'zovaniya v vuze: sb. tr. IV-i mejdunar. nauch.-prakt. konf. «Formirovanie professional'noi kul'tury specialistov XXI veka v tehnicheskom universitete» / A.A. Ryjkin, O.A. Polushkin. – SPb.: SPbGTU, 2004. – S.38-42. – In Russian.

O.A. POLUSHKIN, G.I. KANYGIN, M.O. POLUSHKINA

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF ACADEMIC DISCIPLINE PREPARATION

Original quantitative assessment of the qualitative academic discipline preparation has been worked out. It considers all the factors which define this quality, and describes one of the characteristics of the developed functional model of this discipline preparation.

Key words: *vocational education, academic discipline, preparation quality, quantitative assessment.*

УДК 502.17:101.8

ПРОБЛЕМА СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

М.А. БАСИЛАИА
(Донской государственный технический университет)

Рассмотрены актуальные проблемы экологической опасности, пути снижения экологической опасности и гармонического взаимодействия общества и природы в системе "человек-природа".
Ключевые слова: *глобальные проблемы современности, экологическая опасность, экологический кризис, снижение экологической опасности, философия глобальных проблем.*

Введение. Человечество из поколения в поколение преодолевает самые различные препятствия в ходе своего развития и продвижения вперед. Социальный прогресс достаточно противоречив и включает как конструктивные, так и, к сожалению, разрушительные тенденции в своем развитии.

В 20 веке обострились многие проблемы взаимоотношения внутри системы «человек – общество – природа». Причем эти проблемы настолько распространились и обострились, что стали затрагивать интересы человечества в целом – угрожать самому существованию цивилизации и даже самой жизни на нашей планете. Так экологическая опасность стала экологической угрозой, угроза термоядерной войны стала угрозой для жизни на Земле.

Безусловно, решение проблем взаимодействия природы и общества требует участия всего человечества. Поэтому принятый научной общественностью термин «глобальные проблемы современности» характеризует огромные (общепланетарные) масштабы проблемного поля жизненно важных проблем человечества (политических, социальных, экономических, экологических, демографических, научно-технических), обобщает перспективы и важнейшие направления развития общества и его будущего.

Ученые вычленили следующие три основные группы глобальных проблем современности:

1) всеобщие и наиболее угрожаемые – предотвращение угроз мировой термоядерной войны и создание безъядерного ненасильственного мира на основе консенсуса жизненных интересов всех народов, обеспечение безопасности людей, устранение во всем мире экономической отсталости отдельных стран, ликвидация голода, нищеты и неграмотности многих людей; достижение взаимного доверия и общечеловеческой солидарности;

2) проблемы взаимодействия общества и природы – экологические (предотвращение загрязнения окружающей среды, охрана и сохранение ее качества), энергетические и сырьевые (рациональное использование наличных природных ископаемых и поиски новых энергетических возобновимых и невозобновимых ресурсов, источников энергии и сырья); продовольственные (борьба с голодом, обеспечение человечества продовольствием); научно-технические (освоение океана и космического пространства, новые технологии, Интернет) и др.;

3) проблемы отношения человека и обществ – демографические (ограничение стремительного роста населения в развивающихся странах в результате «демографического взрыва», резкое постарение населения в экономически развитых странах из-за падения в них рождаемости), *экология человека* (борьба с распространением алкоголизма, наркомании, СПИДа, ведущих к биологической деградации человека; совершенствование здравоохранения и образования) и др.

Кроме того, добавились: международный терроризм, проблемы образования и социального обеспечения, культурного наследия и нравственных ценностей и т.д.

Постановка задачи. В настоящее время экологическая опасность привела к невиданному ранее общепланетарному экологическому кризису, превращающемуся буквально на глазах нынешнего поколения в общий кризис цивилизации, пагубно изменяющий все сферы жизни: экономическую, духовную, социальную. Осознание такого положения вызывает кризис в сознании достаточно образованных людей, а ученые обеспокоены выработкой новых теорий и концепций решения эколо-

гических проблем и выхода из экологического кризиса. Вопрос, как понять и найти реальные пути преодоления этого кризиса, сегодня становится чрезвычайно актуальным.

Методы исследования. В решении проблемы снижения экологической опасности автор использует методы: аналитический, обобщения, сравнения, моделирования и др.

Результаты исследования и их обсуждение. 1. *Экологическая опасность в системе глобальных проблем современности.* Экологическая опасность является одним из показателей чрезвычайно напряженной ситуации и угрозы для нормального и стабильного экзистенциального бытия человечества и окружающей его среды обитания. В «Словаре терминов МЧС» дается следующее определение экологической опасности – это «угроза нарушения природных условий, происходящих вследствие деятельности человека или в результате стихийных бедствий, которые могут привести к ухудшению здоровья людей, снизить потенциальные возможности активной производственной деятельности, ухудшить условия для культурного развития общества и духовной жизни человека» [1]. К глобальным последствиям экологической опасности относятся также: утоньшение озонового слоя, сокращение биоразнообразия и другие угрозы экосистемам и человеку.

К началу 21 века экологические проблемы достигли необычайной остроты. Обобщая причины порождения глобальных проблем современности, в том числе экологической опасности, в ходе предшествующего общественного развития, отметим, что они возникли в целом именно вследствие всепроникающей *неравномерности развития всей мировой цивилизации* во всех ее сферах:

– толчком стал научно-технический прогресс с его противоречиями, когда технологическое могущество человечества неизмеримо превзошло достигнутый им уровень общественной организации;

– в политической сфере мышление явно отстало от политической действительности, выразившись в неумении политических лидеров решать острые политические коллизии и противостояния социальных систем;

– в духовной сфере – побудительные мотивы деятельности и их нравственные ценности преобладающей массы людей весьма далеки от социальных, экологических и демографических императивов эпохи.

Сложность рассматриваемых проблем, касающихся современного мирового развития в целом, состоит не столько в их *многоаспектности*, сколько в *глубокой переплетенности, неразрывной взаимосвязанности* и *взаимообусловленности* этих аспектов, делающих практически невозможным их изолированное решение. Так, в комплексе экологических проблем в один тугой узел завязаны природные, общественные, технологические и культурные факторы: обеспечение дальнейшего экономического развития человечества природными ресурсами заведомо предполагает предотвращение нарастающего загрязнения окружающей среды.

2. *Экологический кризис как крайняя форма экологической опасности.* Экологические противоречия между человеком и природой усложнены до экологических кризисов как тяжелого переходного состояния экологических систем и биосферы в целом, наличия значительных структурных изменений окружающей среды. По своему происхождению традиционно выделяются экологические кризисы естественного и антропогенного происхождения, типология которых позволяет вычленить *причины и факторы* экологических кризисов как таковых.

Экологические кризисы *естественного* происхождения органически присущи эволюционному процессу, составляя его неотъемлемую особенность. *В биологическом плане* экологический кризис – это «разрушение экологических систем, вымирание живых организмов – растений и животных, снижение производительности природы, а также усиление страданий и даже гибель людей. Непосредственной причиной этих процессов является загрязнение окружающей среды» [2]. Они весьма многообразны и вызываются различными факторами – абиотическими и биотическими.

Наиболее распространенными на сегодня и часто не предсказуемыми являются экологические кризисы и загрязнения окружающей среды антропогенного характера, которые во многом вызваны *антропогенными факторами,* т.е. различного рода факторами, вызванными и обусловленными человеческой деятельностью. Часто *научно-технической причиной* экологических кризисов становятся технологии, которые необходимы при современной интенсивности производства, но они – экологически ущербные: в погоне за прибылью в ходе повседневной жизни и деятельности проматываются сбережения природы, возобновимые и невозобновимые ресурсы, очень ограниченные по объему. То есть истоки экологического кризиса коренятся в несоответствии законов социально-технического развития законам эволюции биосферы.

В целом в экологическом кризисе отражается *социальная причина* – антагонизм отношений общества (прежде всего и первоначально – капиталистического) к природе. Для определенных хозяйствующих субъектов вопросы бережного отношения к природе и ее ресурсам не существуют вследствие доминирования в их сознании и деятельности узкоутилитарного, меркантильно-деляческого подхода. Но производственные технологии применяют люди. А так как производство – это коллективный труд, то экологические отношения приобретают характер *социально-экологических*. В социально-экологической, как и в любой, деятельности ведущую роль играет сознание людей. Отсюда экологический кризис как результат сознательной агрессивной по отношении к окружающей среде деятельности – это кризис не только и не столько взаимодействия людей с природой. Он дополняется *духовным кризисом* – кризисом формирования их экологического сознания, взаимодействия друг с другом.

В настоящее время все большее число исследователей склоняется к выводу, что экологический кризис является по существу *философско-идеологическим, мировоззренческим кризисом.* Как отмечают участники конференции «Философия экологического образования», «глобальный экологический кризис наших дней — это не результат какой-то единичной ошибки, неправильно выбранной стратегии технического или социального развития. Это отражение глубинного кризиса культуры, охватывающего весь комплекс взаимодействий людей друг с другом, с обществом и природой» [3].

В настоящее время налицо невиданный ранее *общепланетарный экологический кризис,* превращающийся буквально на глазах нынешнего поколения в *общий кризис цивилизации.*

3. *Пути снижения экологической опасности.* Вопрос, как понять и найти реальные пути снижения экологической опасности и преодоления экологического кризиса, сегодня становится чрезвычайно актуальным.

На сегодняшний день мы имеем две тенденции в современном обществе – а) взаимозависимости и открытости, б) конфронтации и закрытости, осознать и интерпретировать которые обязана современная наука.

В экономико-экологическом плане рассматриваются возможные пути снижения экологической опасности – путь нового типа экономического развития в рамках концепции устойчивости с использованием потенциала научно-технической революции, но без ее отрицательных последствий.

Философия глобальных проблем может определить мировоззренческие и методологические подходы к эффективному разрешению глобальных проблем и дать гуманистическую оценку этим действиям.

Решение экологической проблемы надо начинать с решения проблемы «общего» сознания, деятельности, культуры в обществе, формирования ответственности за судьбу Земли. Есть *общая объективная стратегическая* линия: «Чтобы выжить, чтобы возродить красоту и щедрость Земли, народы... всех стран мира должны взять в свои руки власть, чтобы самим распоряжаться своими собственными жизнями и добиться того, чтобы бесценные ресурсы Земли не эксплуатировались более ради недальновидных, преходящих целей частной прибыли, но использовались в гармонии с природой, для блага всех людей, всех времен» [4]. В этих условиях возникает необхо-

димость новой ориентации общества на согласованные и планомерные экозащитные действия. Поэтому решающее значение приобретает проблема формирования *единого экологического планетарного сознания* [5].

Над проблемой снижения экологической опасности работает коллектив кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета, возглавляемой ректором ДГТУ профессором Б.Ч. Месхи. В работах профессора А.Е. Аствацатурова по философии экологической безопасности современной цивилизации решаются проблемы философского оптимизма [6]. Автор данной статьи предлагает ввести новый вариант теоретического и практического решения проблемы конкретного снижения экологической опасности – модель системы снижения экологической опасности (ССЭО). Модель имеет философскую природу и включает мировоззренческие, онтологические, гносеологические, методологические, антропологические, нравственно-аксиологические, эстетические основания. Кроме того, автором данной статьи предложены философско-методологические основы формирования ССЭО, стратагема переходного периода к эпохе ноосферы, деятельностные регулятивы формирования механизмов устойчивого социоэкоразвития [7].

Но главной стратегической глобальной моделью преодоления экологического кризиса, конечно, является коэволюционный путь развития.

Заключение. В глобальных, планетарных масштабах отдельная экологическая проблема не может быть решена без предварительного преодоления стихийности в развитии земной цивилизации. В этих условиях возникает необходимость новой ориентации общества на согласованные и планомерные экозащитные действия по снижению экологической опасности. От решения этих проблем зависит дальнейший социальный прогресс человечества, а сами глобальные проблемы могут быть разрешены лишь благодаря прогрессу при всемирном участии и концентрации усилий представителей различных сфер общества.

Кроме того, в процессе коэволюции Человека и Природы ведущая роль принадлежит конкретному человеку. Для того чтобы выйти на новую стадию зрелости, которая достойна называться ноогенезом, в эволюции живой природы должен участвовать человек. Участие же человека в становлении ноосферогенеза потребует формирования нового уровня сознания – *общего планетарного* экологического сознания, носителем которого станет человечество как всеобщий познающий и деятельностный субъект. Цивилизация должна стать другой, и измениться должен духовный мир человека. Поэтому решение проблем приходится искать в самом человеке, в изменении его индивидуальности, которому будет способствовать формирование экологической культуры.

Библиографический список

1. EdwART. Словарь терминов МЧС, 2010.

2. Общество и природа. – М.: Мысль, 2003.

3. Обращение участников конференции «Философия экологического образования» к Россиянам, Парламенту и Правительству Российской Федерации // Философия науки. Вып.2. Гносеологические и логико-методологические проблемы. – М., 1996.

4. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология / Б. Коммонер. – Л., 1974.

5. Аствацатуров А.Е. Глобализация и начала космогармонии / А.Е. Аствацатуров, М.А. Басилаиа // Век глобализации. – 2009. – №2. – С.71-80.

6. Аствацатуров А.Е. Философия научного оптимизма в решении планетарных экологических проблем / А.Е. Аствацатуров. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003.

7. Басилаиа М.А. Необходимость снижения экологической опасности как императив глобального мироустройства (философский анализ) / М.А. Басилаиа. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010.

Материал поступил в редакцию 21.01.10.

References

1. EdwART. Slovar' terminov MChS, 2010. – In Russian.
2. Obschestvo i priroda. – M.: Mysl', 2003. – In Russian.
3. Obraschenie uchastnikov konferencii «Filosofiya ekologicheskogo obra¬zovaniya» k Rossiyanam, Parlamentu i Pravitel'stvu Rossiiskoi Federacii // Filosofiya nauki. Vyp.2. Gnoseologicheskie i logiko-metodologicheskie problemy. – M., 1996. – In Russian.
4. Kommoner B. Zamykayuschiisya krug. Priroda, chelovek, tehnologiya / B. Kommoner. – L., 1974. – In Russian.
5. Astvacaturov A.E. Globalizaciya i nachala kosmogarmonii / A.E. Astvacaturov, M.A. Basilaia // Vek globalizacii. – 2009. – №2. – S.71-80. – In Russian.
6. Astvacaturov A.E. Filosofiya nauchnogo optimizma v reshenii planetarnyh ekologicheskih problem / A.E. Astvacaturov. – Rostov n/D: Izdatel'skii centr DGTU, 2003. – In Russian.
7. Basilaia M.A. Neobhodimost' snijeniya ekologicheskoi opasnosti kak imperativ global'nogo miroustroistva (filosofskii analiz) / M.A. Basilaia. – Rostov n/D: Izdatel'skii centr DGTU, 2010. – In Russian.

M.A. BASILAIA

PROBLEM OF ECOLOGICAL HAZARD REDUCTION

The actual problems of ecological hazard, ways of ecological hazard reduction, and harmonious interaction of society and nature in the "man-nature" system are considered.
Key words: *global problems of modern age, ecological hazard, ecological crisis, ecological hazard reduction, philosophy of global problems.*

АХВЕРДИЕВ Камил Самедович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика-2» Ростовского государственного университета путей сообщения.
vm_2@kaf.rgups.ru

БАБАЙЦЕВ Андрей Владимирович, кандидат философских наук, доцент кафедры «История и культурология» Донского государственного технического университета.
we20041@yandex.ru

БАЗАРЕНКО Николай Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.
peshkhoev@rameer.ru

БАСИЛАИА Мариана Артемовна, кандидат философских наук, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета.
mariana3061@mail.ru

БОГАТЫРЁВА Елена Валерьевна, кандидат химических наук, заведующая кафедрой «Стандартизация, сертификация и управление качеством» Ростовского филиала Московского государственного университета технологий и управления.
borisovalv09@mail.ru

БОРИСОВА Людмила Викторовна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Экономика и менеджмент в машиностроении» Института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.
borisovalv09@mail.ru

БЫКАДОР Виталий Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Автоматизация производственных процессов» Донского государственного технического университета.
vit-bull@mail.ru

ВИНОКУРОВ Михаил Романович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника и электроника» Донского государственного технического университета.
vmr125@mail.ru

ГАВРИЛЕНКО Максим Дмитриевич, аспирант кафедры «Информационное обеспечение автоматизированного производства» Института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.
www.2508184@aaanet.ru

ГРИШИНА Елена Александровна, ассистент кафедры «Гидравлика и гидропневмосистемы» Южно-Уральского государственного университета.
gea74@mail.ru

ДИМИТРОВ Валерий Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление качеством» Донского государственного технического университета.
vdimitrov@dstu.edu.ru

КАНЫГИН Георгий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии» Донского государственного технического университета.
gkanygin@yandex.ru

КУЗНЕЦОВ Валерий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.
kuznecovbmstu@mail.ru

МОИСЕЕНКО Андрей Александрович, аспирант кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Омского государственного технического университета.
cppdef@gmall.com

МОЛОТНИКОВ Валентин Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Сопротивление материалов» Донского государственного технического университета.
riatm@aaanet.ru

МОЛОТНИКОВА Антонина Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Математика и информатика» Ростовского филиала Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса.
rostinserv@aaanet.ru

НУРУТДИНОВА Инна Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика» Донского государственного технического университета.
nurut.inna@yandex.ru

ОСИПОВ Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» Ростовского государственного университета путей сообщения.
dw_@rambler.ru

ПЕШХОЕВ Иса Мусаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Информационные технологии» Донского государственного технического университета.
peshkhoev@rambler.ru

ПОДЗЕРКО Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Гидравлика и гидропневмосистемы» Южно-Уральского государственного университета.
ggps@susu.ac.ru

ПОЛУШКИН Олег Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теория механизмов и машин» Донского государственного технического университета.
grunt@mail.ru

ПОЛУШКИНА Мария Олеговна, студентка факультета «Инновационный бизнес и менеджмент» Донского государственного технического университета.
grunt@mail.ru

ПОПОВ Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» Омского государственного технического университета.
popov@omgtu.ru

РВАНЦОВ Юрий Андреевич, аспирант кафедры «Экономическая информатика и автоматизация управления» Ростовского государственного экономического университета «РИНХ».
sonic_2005@inbox.ru

САФРОНОВ Андрей Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Инженерная экономика и маркетинг» Донского государственного технического университета.
rgashm@mail.ru

СЕМЕНКО Инна Сергеевна, аспирантка кафедры «Высшая математика-2» Ростовского государственного университета путей сообщения.
vm_2@kaf.rgups.ru

СЕМКО Игорь Александрович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов» Донского государственного технического университета.
isemko@dstu.edu.ru

СЕРГЕЕВ Александр Сергеевич, кандидат технических наук, преподаватель, Ростовского областного училища олимпийского резерва.
sergeev00765@mail.ru

СОЛОВЬЕВ Георгий Евтихиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Теоретические основы электротехники» Ростовского государственного университета путей сообщения.
isemko@dstu.edu.ru

СПИРИДОНОВ Евгений Константинович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидравлика и гидропневмосистемы» Южно-Уральского государственного университета.
ggps@susu.ac.ru

ТИХОНОВА Жанна Сергеевна, аспирантка Института экономики и внешнеэкономических связей Южного федерального университета.
zha6753@yandex.ru

ФАТХИ Владимир Ахатович, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник ВШ РФ, заведующий кафедрой «Вычислительные системы и информационная безопасность» Института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.
fatkhi@mail.ru

ФОКИН Александр Евгеньевич, аспирант кафедры «Информационное обеспечение автоматизированного производства» Института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.
www.fokin–rnd@mail.ru

ЧУВЕЙКО Михаил Викторович, аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов» Донского государственного технического университета.
3.14@nm.ru

ШИШКАРЕВ Михаил Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационное обеспечение автоматизированного производства» Института энергетики и машиностроения Донского государственного технического университета.
www.shishkarev_m_p@mail.ru

AKHVERDIYEV, Kamil S., PhD in Science, professor, head of the Higher Mathematics-2 Department, Rostov State Transport University.

BABAITSEV, Andrey V., Candidate of Science in Philosophy, associate professor of the History and Cultural Studies Department, Don State Technical University.

BASILAIA, Mariana A., Candidate of Science in Philosophy, associate professor of the Life and Environment Protection Department, Don State Technical University.

BAZARENKO, Nikolay A., Candidate of Science in Physics and Maths, associate professor of the Applied Mathematics Department, Don State Technical University.

BOGATYREVA, Elena V., Candidate of Science in Chemistry, associate professor of the Technology and Commodity Science Department, Rostov branch of Moscow State University of Technology and Management .

BORISOVA, Lyudmila V., PhD in Science, professor, head of the Engineering Economics and Management Department, Don State Technical University.

BYKADOR, Vitaly S., senior lecturer of the Production Automation Department, Don State Technical University.

CHUVEYKO, Mikhail V., postgraduate student of the Production Automation Department, Don State Technical University.

DIMITROV, Valery P., PhD in Science, professor, dean of the Tools and Instrument Engineering Faculty, head of the Quality Management Department, Don State Technical University.

FATKHI, Vladimir A., PhD in Science, associate professor, head of the Computation Systems and Information Security Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

FOKIN, Alexander E., postgraduate student of the Computer-Aided Manufacturing Information Support Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

GAVRILENKO, Maxim D., postgraduate student of the Computer-Aided Manufacturing Information Support Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

GRISHINA, Elena A., teaching assistant of the Hydraulics and Hydropneumosystems Department, South-Ural State University.

KANYGIN, Georgy I., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the Information Technologies Department , Don State Technical University.

KUZNETSOV, Valery S., Candidate of Science in Engineering, associate professor, Bauman Moscow State Technical University.

MOISEYENKO, Andrey A., postgraduate student of the Theoretical and General Electric Engineering Department, Omsk State Technical University.

MOLOTNIKOV, Valentin Y., PhD in Agricultural Sciences, professor of the Strength of Materials Department, Don State Technical University.

MOLOTNIKOVA, Antonina A., PhD in Engineering, professor, head of the Mathematics and Computer Science Department, Rostov branch of South-Russian State University of Economics and Service.

NURUTDINOVA, Inna N., Candidate of Science in Physics and Maths, associate professor of the Mathematics Department, Don State Technical University.

OSIPOV, Vladimir A., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the Electrical Engineering Science Department, Rostov State Transport University.

PESHKHOYEV, Isa M., Candidate of Science in Physics and Maths, associate professor of the Information Technologies Department, Don State Technical University.

PODZERKO, Alexander V., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the Hydraulics and Hydropneumosystems Department, South-Ural State University.

POLUSHKIN, Oleg A., PhD in Science, professor, head of the Theory of Mechanisms and Machines Department, Don State Technical University.

POLUSHKINA, Maria O., student of the Innovative Business and Management Department, Don State Technical University.

POPOV, Anatoly P., PhD in Science, professor, head of the Electrical Engineering Department, Omsk State Technical University.

RVANTSOV, Yury A., postgraduate student of the Economic Informatics and Control Automation Department, Rostov State University of Economics.

SAFRONOV, Andrey E., Candidate of Science in Economics, associate professor of the Engineering Economics and Marketing Department, Don State Technical University.

SEMENKO, Inna S., postgraduate student of the Higher Mathematics-2 Department, Rostov State Transport University.

SEMKO, Igor A., Candidate of Science in Engineering, professor of the Computer-Aided Manufacturing Department, Don State Technical University.

SERGEYEV, Alexander S., Candidate of Science in Engineering, teacher, Rostov Regional Sports School of Olympic Reserve.

SHISHKAREV, Mikhail P., PhD in Science, professor, head of the Computer-Aided Manufacturing Information Support Department, Power Engineering and Machinery Institute, Don State Technical University.

SOLOVYEV, Georgy E., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the Electrical Engineering Science Department, Rostov State Transport University.

SPIRIDONOV, Evgeny K., PhD in Science, professor, head of the Hydraulics and Hydropneumosystems Department, South-Ural State University.

TIKHONOVA, Zhanna S., postgraduate student, Institute of Economics and Foreign Economic Relations, South Federal University.

VINOKUROV, Mikhail R., Candidate of Science in Engineering, associate professor of the Electrical Engineering and Electronics Department, Don State Technical University.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

1. Статья должна быть представлена в распечатанном виде и на магнитном носителе в электронной версии с расширением doc. Шрифт Times New Roman. Кегль - 14. Межстрочный интервал для текста - 1,5. Бумага белая формата А4.

2. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности: полное название статьи; инициалы и фамилии авторов, место работы; аннотация (max 400 символов, включая пробелы); ключевые слова (max 150 символов). Затем идет текст самой статьи, библиографический список, сведения об авторах (ФИО, научная степень, звание, должность и место работы, e-mail).

3. Дополнительно к статье должны быть представлены следующие материалы на английском языке: ФИО авторов, полное название статьи, аннотация (полная аналогия русской версии), ключевые слова, сведения об авторах.

4. Статья должна предусматривать разделы: введение (постановка задачи), основную часть (название), выводы или заключение.

5. Объем статьи не должен превышать 16 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий; обзора - 25 страниц, 10 рисунков; краткого сообщения - не более 3 страниц, 2 рисунков.

6. Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Каждый рисунок должен иметь подпись. Рисунки должны иметь контрастное изображение. Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь заголовок. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в формульном редакторе MS Word.

7. Размерность физических величин, используемых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.).

8. Библиографический список должен включать: фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг - фамилию и инициалы автора, название книги, место издания (город), издательство, год издания, количество страниц.

9. При представлении материала на рассмотрение в редакцию необходимо наличие внешней рецензии, подписанной специалистом, имеющим ученую степень доктора наук (обязательно заверенной в отделе кадров по месту работы рецензента). К статьям аспирантов и соискателей необходимо приложить отзыв научного руководителя. Для авторов, не являющихся сотрудниками ДГТУ, необходима рекомендация на имя главного редактора, подписанная научным руководителем автора (для соискателей ученой степени) или руководителем подразделения (обязательно заверенная печатью).

10. Редколлегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

11. Статьи, не отвечающие правилам оформления, к рассмотрению не принимаются, рукописи и магнитные носители авторам не возвращаются. Датой поступления считается день получения редколлегией окончательного текста статьи.

12. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Более подробно с правилами оформления можно ознакомиться на сайте журнала "Вестник ДГТУ" по адресу http://vestnik.dstu.edu.ru